October 12, 1999 - REVISED

SCHOOLNET NATIONAL ADVISORY BOARD (SNAB)

WORKING GROUP ON CONNECTIVITY

Report on Connectivity

Prepared by

Michael Martineau
xwave solutions

1 INTRODUCTION

1.1 Purpose

To realize its vision of making Canada the most "connected" nation in the world, the federal government has instituted the "Connecting Canadians" initiative. One pillar of this initiative is SchoolNet, an internationally recognized partnership initiative with the goal of connecting all schools across Canada to the "Information Highway" to ensure that Canada's future knowledge workers have the skills they need to perform in the knowledge based economy. Industry Canada manages this program, working in partnership with provincial and territorial governments as well as with public sector and education associations.

While Canada's accomplishment in the first phase of Industry Canada's SchoolNet has been a resounding success, the networking technology on which it is constructed continues to evolve at a rapid pace and SchoolNet's objectives must keep pace with these changes. The concept of having a single computer with Internet access as a measure of connectivity becomes less valid as access by learners becomes the connection goal. To continue to meet SchoolNet's goal of connecting classrooms to the "Information Highway", Industry Canada and its partners must champion new connectivity initiatives that provide a larger number of students with access to applications that new broadband networking technology enables.

To address new connectivity challenges, as well as deal with current connectivity challenges for remote areas, the SchoolNet National Advisory Board established the "Working Group on Connectivity". One of the objectives for this working group was to develop a discussion paper for broadband connectivity for the Canadian learning system, including:

- standards for connectivity (technical standards and classroom standards),
- infrastructure available,
- its affordability, and
- partnership frameworks between Industry Canada's SchoolNet, the provinces, and the private sector to encourage the development of technologies for the needs of education.

This document has been prepared to meet the discussion paper objective. It has been prepared for the SchoolNet National Advisory Board to assist the Department in developing programs to increase the level of broadband connectivity for schools. This document presents a number of connectivity options for consideration, along with recommendations to guide Industry Canada on how to meet new connectivity challenges. A key issue for future work will be to determine affordability of the recommended Internet access (External Connectivity) options made in this document. Of particular concern will be the availability and affordability of the technologies required to support multimedia learning applications.

1.2 Scope

While longer term goals for Gigabit Internet access have been discussed by Bill St. Arnaud of CANARIE, the main focus of this report is to identify viable options to provide ***broadband*** network connectivity to the classrooms of every school in Canada. The associated goal is an average of one connected computer per classroom by March 31, 2001. While connectivity is the goal in terms of network architecture and technology, it is important to keep in mind that connectivity is really just a means to an end. The underlying objective is to provide access to network-based learning applications and to stimulate skills development for the knowledge-based economy. It is the bandwidth requirements of these applications that drive the choice of networking technology.

The report assumes that the reader is familiar with various Industry Canada connectivity programs such as SchoolNet and the Community Access Program (CAP) as well as the government's vision for affordable and equitable access to the "Information Highway". Hence, little background information on "why" connectivity is important or on the current state of various connectivity programs is provided. Rather, the report concentrates on describing connectivity options, with reference to existing infrastructure made only as required to understand the strengths and weaknesses of different options.

This report concentrates on the future possibilities, with less emphasis on the present problems. It strives to show the gap between what is available today and what is desired for tomorrow. The report takes into account the rapid changes in technology that continue to make high-speed connectivity increasingly affordable. A the same time, the report does not ignore the challenges to universal, affordable high-speed connectivity presented by Canada's unique geography, particularly in remote areas. Recommendations focus on how Industry Canada, particularly SchoolNet can help narrow the gap.

The report draws heavily upon work performed by and on behalf of the Working Group on Connectivity, including reports prepared by outside consultants. As a summary report, this document does not repeat the information provided in these referenced reports. The reader can refer to these reports for more detail if required.

1.3 Report Outline

This document is divided into five sections, including this introductory section. The remaining sections include:

- Section 2, Architecture Overview, which describes a basic model for connectivity architecture. This model, referred to as the SchoolNet Network Architecture Model (SNAM), distinguishes between two types of connectivity:
    - External Connectivity, which addresses wide area connections used to connect schools to the Internet, schools together to form a school board intranet or to connect a school board intranet to the Internet; and

- Internal Connectivity, which deals with how computers within a school are connected together and how they access external network connections.

For External Connectivity, the SNAM takes into account the following factors:

- Four different categories of school buildings based on their geographic location. This geographic categorization recognizes that there is no single technological solution that is appropriate for every school.

- The size of the school in terms of student population.

- The Learning Application connectivity requirements. Two broad classes are used for assessing connectivity options: web-based and multimedia, with multimedia further divided into two levels.

The resulting model for External Connectivity is a three-dimensional matrix of characteristics, with each point in the matrix having a different set of possible connectivity options. This model can be scaled to include additional characteristics as necessary.

- Section 3, External Connectivity Options, identifies and characterizes (in terms of parameters such as bandwidth, availability and cost) the different connectivity options available for each point of the three-dimensional matrix of school characteristics presented in section 2.

- Section 4, Internal Connectivity Options, describes several technologies available to connect computers within a building.

- Section 5, Recommendations.

2 ARCHITECTURE OVERVIEW

For many years, people tried to distinguish between the "Information Highway" and the Internet, with some describing the Internet as merely an "early example" of the "Information Highway". It is now clear that the Internet has become the "Information Highway" that these people had envisioned. Advances in Internet technology are supporting an ever increasing variety of applications, including real-time, multimedia applications. As CANARIE discovered with the initial National Test Network (NTN), IP (Internet Protocol) has become THE de-facto data transmission protocol.

Industry Canada's SchoolNet owes much of its success to the Internet. Without the Internet, it is likely that schools would have adopted a variety of communication protocols, making ubiquitous interconnection a near impossibility. Based on this history and on the massive investments that companies such as Nortel Networks and Microsoft are committing to Internet-related R & D, SchoolNet must continue to use the Internet and to support Internet technology as the core technology for connecting schools. The focus of this report is on how to provide Internet connectivity to and between schools. This section presents the basic architecture for doing so.

2.1 Requirements

The Architectural Model was developed to meet the following requirements by March 31, 2001:

- An average of one connected computer per classroom (approximately one per every 25 students), equivalent to approximately 250,000 connected computers in Canada.
- Bandwidth needed to be driven by learning applications.
- Technology used must be readily available by the end of year 1999, to begin implementation in the year 2000.
- The architecture must address needs of all schools, with particular emphasis on disparities due to geography

2.2 Architectural Model

This report is focused on the networking technology used to connect schools to the Internet. Technology choices are influenced by many factors, including school location, budgets and the state of related infrastructure such as buildings (e.g. can't run Ethernet cables in some schools). Because these factors vary considerably from school to school, it is not possible to identify a single networking technology. At the same time, it is not useful to consider every school as a unique case. Hence, a SchoolNet Network

Architecture Model is proposed. This model provides a framework for fitting a school into a category and using this category to determine the most appropriate networking technology.

Networking technology can be divided into two broad categories:

- Local Area Network (LAN) technology. This technology deals with moving data around relatively short distances, typically inside a building.

- Wide Area Network (WAN) technology. This technology deals with moving data over long distances. The actual distances can vary considerably, from 1 km to thousands of kilometers. A subset of WAN technology is Metropolitan Area Network (MAN) technology, which deals with moving data around a single urban area. For the purposes of this report MAN technology will be treated as part of WAN technology.

For the most part, WAN and LAN technologies are quite different and were, until recently, sold by different vendors. Based on the differences, the SchoolNet Network Architecture Model distinguishes between two types of connectivity:

1. **External Connectivity**, which addresses wide area connections used to connect schools to the Internet, schools together to form a school board intranet or to connect a school board intranet to the Internet; and

2. **Internal Connectivity**, which deals with how computers within a school are connected together and how they access external network connections.

2.2.1 External Connectivity Model

WAN technology can be either implemented by the end user or can be purchased as a service from a telecommunications carrier. The availability of services from telecommunications carriers differs considerably based on geography. In urban areas there are typically multiple carriers with a wide variety of service options. Remote areas, on the other hand, generally don't have the population base to make it economically attractive for a carrier to invest the infrastructure needed to support WAN services.

Because the choice of WAN technology is so heavily influenced by geographic location, the SNAM takes geography into account for External Connectivity. For the most part, the availability of the type of WAN services needed for External Connectivity is a function of population density. This correlation is reasonable since the companies offering these services will tend to do so first in areas that will provide the greatest economic return.

Statistics Canada differentiates between two types of population centres: ***urban*** and ***rural***. Urban areas, as defined by Statistics Canada, have minimum population concentrations of 1,000 and a population density of at least 400 per square kilometer,

based on the previous census population counts. All territory outside urban areas is considered rural. According to this definition, 78% of Canadians live in urban areas. Or, from another perspective, 22% of Canadians live in towns or villages with a population of less than 1,000 people.

Further examination of the 1996 census data show that 50% of Canadians live in urban areas with a population greater than 500,000 people while 64% of Canadians live in urban areas with a population greater than 100,000 people. Although no hard figures are available, intuition based on past experience in purchasing WAN services suggests that the availability of WAN decreases as the population falls below 100,000 people. Thus, it is likely that approximately two-thirds of all Canadians will have access to one or more terrestrial WAN services in the year 2000. The remaining one-third will have very limited or no access to these services.

The provincial/territorial and SchoolNet's experience in connecting schools suggests that there is a special class of ***remote*** schools for which connectivity is particularly difficult. People living in these remote areas have difficultly getting basic telephone service, let alone sophisticated data services.

Using Statistics Canada's definitions as a starting point, the SNAM defines four different geographic categories. These definitions take geography into account but are driven primarily by the availability of WAN services. Hence, it is possible for a school whose community has a population that would typically be considered as rural to be classified as urban in terms of the SNAM. Conversely, it is also possible for a school in a community with a larger population to be classified as rural due to lack of available WAN services. Since the words "urban", "rural" and "remote" have strong connotations with regard to population and since the SNAM model is based heavily on availability of WAN services, the SNAM geographic model does not use these terms.

The four SNAM geographic categories are:

- Category 1. High speed (>512 Kbps) digital services available from two or more service providers. Typically have a population of at least 100,000 people.

- Category 2. High speed (>512 Kbps) digital services available from a single service provider. Typically have a population of at least 50,000 people.

- Category 3. Limited or non-existent digital communications services from any service provider but within 50 km of an urban area. Typically have a population less than 50,000 people.

- Category 4. Limited or non-existent digital communications services from any service provider and more than 50 km from an urban area. Typically have a population of less than 5,000 people. A special subset of this remote category is Northern Canada where even satellite coverage is limited.

Another important consideration for External Connectivity is the bandwidth requirements for the Learning Applications that will be used. While most Internal Connectivity options operate at relatively high bandwidths (10 Mbps to 100 Mbps are common), External Connectivity Options are more restrictive in the bandwidth choices and a premium is typically paid for higher bandwidth options. Hence, the SNAM takes bandwidth into account in determining External Connectivity Options. Three broad classes are used for assessing connectivity options:

- **Web-based.** Bandwidth sufficient to support basic Internet applications such as web browsing, file download and Usenet news access. This level of bandwidth will also address low end streaming audio and video applications. Education applications include web browsing for research, access to educational sites such as the SchoolNet web site and related provincial educational sites, and use of e-mail and real-time text conferencing tools such as ICQ for collaboration.

  Web-based applications require 33.6 Kbps (inbound) to the desktop, equivalent to the bandwidth available on a typical home computer and the bandwidth for which many web sites are designed.

- **Limited Multimedia.** More advanced Internet applications are emerging that make intensive use of graphics, audio and video. Current examples of these applications are designed to run in bandwidth limited environments, using various techniques to limit the bandwidth requirement. These applications require 128 Kbps to the desktop. An example of such an application is Microsoft's NetMeeting, which can be used to provide audio-conferencing and a shared white board facility. These applications, unlike web-based applications, tend to require nearly equal bandwidth in both directions.

  The bandwidth requirements for Limited Multimedia applications are similar to that for a school hosted web site. While much emphasis is placed on providing infrastructure to support students as information consumers, it is important to consider their roles as information producers. Hence, technical options that offer asymmetrical bandwidth must be examined to ensure that the outgoing bandwidth is sufficient for the school's information production needs.

- **Full Two-Way Multimedia.** Full multi-media capabilities for schools would enable two-way connectivity for key applications such as video-based distance learning (video-conferencing) in addition to supporting limited multimedia based Internet access, collaborative projects and content push from schools. Such applications require on the order of 384 Kbps to 512 Kbps to the desktop. Note that while tables 2-1 and 2-2 are based on the extreme case of 512 Kbps, this level of bandwidth to the desktop may be either unaffordable or technically not feasible in some areas. In these cases, it may only be possible to offer two-way, multimedia connectivity to a single workstation rather than every desktop. In addition to bandwidth, Quality of Service (QOS) issues for IP-based real-time multimedia traffic also need to be addressed.

Just a few short years ago, the notion of affordable megabit or gigabit Internet access was not even contemplated. Indeed, a mere ten years ago it was not even possible to buy dial-up Internet connectivity. Technological advancements, particularly in the area of fibre-optic technology, are making high-speed connectivity for urban schools and possibly rural schools a near-term possibility. Thus, while the challenge to provide high-speed connectivity, particularly in rural and remote areas, is significant, it is not insurmountable.

In the short term (up to 31 March 2001), the goal will be to move all schools towards External Connectivity capable of supporting Limited Multimedia, though the affordability of this goal needs to be investigated. Limited Multimedia inbound (high speed multimedia delivery) with caching technology may be an option to meet this goal. Support for bi-directional multimedia applications (such as video conferencing) is a longer term goal, particularly for remote and rural areas.

Although not taken into account in the SNAM, it should be noted that bandwidth requirements are effected by the age of the learner. In general, younger students are more apt to make use of multimedia Learning Applications while older students can take advantage of text-based resources.

In addition to the type of Learning Applications that can be supported, the number of computers making use of the External Connection must also be considered. Since the goal is to have an average of one connected computer per classroom (equivalent to one connected computer per 25 students), the number of students becomes an important factor to consider. For schools that are able to achieve a computer to student ratio of better than 1:25, the number of connected computers and hence the bandwidth required will be even greater. This report focuses on what is needed to meet the 1:25 goal. Note that computers in a school will be located in a combination of classrooms and computer labs.

While the 1:25 ratio is the stated Industry Canada's SchoolNet goal, it must be adjusted to recognize that a minimum number of computers is needed for a school to be considered truly "connected". Hence, for smaller schools (less than 300 students), a minimum of 10 computers is assumed.

The SNAM takes into account the size of the school, expressed in terms of the number of students, as follows:

- 1 - 100 students = 10 computers
- 101 - 300 students = 10 to 12 computers
- 301 – 500 students = 12 to 20 computers
- 501 - 1000 = 20 to 40 computers
- 1001 - 2000 = 40 to 80 computers
- 2001+ = 80+ computers

Canada has many small schools, many of them in areas of the country where high bandwidth connectivity is difficult to obtain. Finding innovative ways to connect these schools is a major challenge for Industry Canada's SchoolNet and its partners.

It is important to note that in most cases not every connected computer will be making use of the external connection at all times. Further, information does not flow constantly from the external connection to the desktop. Rather, it tends to come in bursts. This phenomenon is particularly pronounced with web browsing, where a user will request a page and then spend some time reading the page. While the user is reading the page, no data is flowing from the external connection to the desktop.

Since data does not flow constantly from the external connection to each desktop, it is possible to introduce the concept of a sharing ratio. This ratio indicates how many computers can share the bandwidth allocated to a single desktop. The sharing ratio is a function of the type of application, with web-based applications tending to be more "bursty" in their use of bandwidth than multimedia applications. For web-based applications, the sharing ratio is assumed to be 10:1 while for multimedia applications the sharing ratio is assumed to be 3:1. The lower value for multimedia applications is based on the nature of these applications; when a user is watching the screen it is typically in motion (and typically sound is playing as well), with the data flowing constantly from the external connection to the desktop. Note that the multimedia sharing ratio of 3:1 is a rough guess based on an assumption of a high level of audio and video streaming from external sites. Technologies such as multicasting can be used to effectively increase the sharing ratio in these situations, thereby reducing the external bandwidth required.
The sharing ratio is based on statistical averages and, as many ISPs found in trying to serve small communities, the smaller the number of computers involved the greater the difference between average and peak use. Hence, while the SNAM does not explicitly take this phenomenon into account, it should be noted when looking at the bandwidth requirements for small schools.

Table 2-1 presents bandwidth requirements as a function of both application type and school size.

School Size	Bandwidth Required (Kbps)		
	Web-Based (inbound)	Limited Multimedia	Full Two-Way Multimedia
1 to 100 (10 computers)	30	430	1700
101 to 300 (12 computers)	40	510	2000
301 to 500 (20 computers)	70	850	3400
501 to 1000 (40 computers)	130	1700	6800
1001 to 2000 (80 computers)	270	3400	13700
2000+ (100 computers)	340	4300	17100

Table 2-1

Factoring in geography results in a three-dimensional model, with each point in the matrix having a different set of possible connectivity options. Note that schools within a school board/district can fall into different categories. Also note that the technology options can generally be used to either connect schools to the Internet or to a school board Intranet which has a single high-speed Internet connection for the entire school board.

It should be noted that Table 2-1 does not factor in "virtual bandwidth" that might be created through caching techniques. A cache server that locally stores the content of popular web sites can significantly reduce the bandwidth required for External Connectivity at each school or school board. Downloading content to a local caching server during off-peak hours (e.g. overnight) can facilitate Learnware applications requiring more bandwidth than is available in a specific geographical region. Schools may then use the applications during the day through the efficiency of the Ethernet-based LAN's or WAN's at either 10 Mbps or 100 Mbps. While this technique holds much promise for overcoming bandwidth limitations for a specific class of applications, additional research is required to understand how best to employ it and on its impact on bandwidth requirements.

For schools whose computer to student ratio is higher than 1:25, the bandwidth requirements should be multiplied accordingly. For example, if the ratio is 1:3, as has been identified in some schools, then the bandwidth requirements stated in Table 2-1 should be increased by a factor of approximately 8, as follows in Table 2-2.

School Size	Bandwidth Required (Kbps)		
	Web-Based (inbound)	Limited Multimedia	Full Two-Way Multimedia
1 to 100 (10 computers)	270	3400	13700
101 to 300 (12 computers)	320	4100	16400
301 to 500 (20 computers)	540	6800	27300
501 to 1000 (40 computers)	1100	13700	54600
1001 to 2000 (80 computers)	2200	27300	109000
2000+ (100 computers)	2700	34100	137000

Table 2-2

Rural and remote schools tend to have a greater need for accessing Web sites and distance learning applications. This leads to higher bandwidth requirements per student than urban schools.

2.2.2 Internal Connectivity Model

The choices for LAN technology have decreased over time, with Ethernet emerging as the dominant LAN technology. Initially set to operate at 10 Mbps, Ethernet technology has evolved to support 100 Mbps and, more recently, 1,000 Mbps. 10 Mbps and 100 Mbps Ethernet technology is relatively mature, with prices continuing to fall as the technology is implemented at the chip level. 1,000 Mbps Ethernet technology is commercially available and prices are expected to drop as sales volumes increase.

Since LAN technology is, by definition, confined to a single building (or several nearby buildings), geography is not a factor as it is with WAN technology. However, Internet Connectivity is still impacted by the size of the school and the Learning applications to be supported. As well, restrictions on wiring (such as with a "heritage" building), must be considered.

As with External Connectivity, a three dimensional model could be defined. The three axes for this model might be School Size, Learning Application Type and Wiring Restrictions.

3 EXTERNAL CONNECTIVITY OPTIONS

Internal Connectivity, in the context of the report, deals with how computers in a school are connected together so that they can share a single Internet connection. External Connectivity, on the other hand, deals with how the resulting school network is connected to the Internet. There are two basic topologies that can be used:

- The school is connected directly to the Internet; or
- The school is connected to another network, whether it be a school board intranet or a province wide government data network (such as is done in BC). These larger networks have a single connection to the Internet.

In either case, the connectivity options, whether to connect the school to the Internet, the school to an intranet or an intranet to the Internet, are remarkably similar. Indeed, it is this ability to ***inter***connect ***net***works in this way that is the basis for the term "Internet". In the case of an Internet connection serving multiple schools connected to an intranet, the bandwidth for the external connection must at least be equal to the sum of the bandwidth required for each of the schools.

One of the basic school connectivity standards is the use of the Internet Protocol (IP) as the network protocol on which all data is transported. Another network standard is the use of Ethernet as the LAN physical and data link standard wherever possible.

The point at which the External Connectivity technology and Internal Connectivity technology connect is known as the demarcation point. In most cases this demarcation point will be an Ethernet port on the piece of equipment connected to a wire coming into the building from the outside. Examples of this equipment include an ADSL modem, a cable modem or a router. In cases where a third party (such as an ISP) provides external connectivity, this piece of equipment is often provided as part of the service.

External Connectivity options focus primarily on the so-called "last mile" between the school and the nearest Internet connection point. While bandwidth in carrier backbone networks is plentiful in many parts of Canada, getting access to it for schools can be an expensive proposition.

As discussed in section 2-1, the SchoolNet Network Architecture Model for External Connectivity takes into account three factors:

- Geographic location;
- School size; and
- Learning applications to be supported.

This section examines the possible External Connectivity options for each combination of these three factors. Geographic location is used as the prime differentiating factor, with school size and learning applications as secondary factors. Note that caching technology

may be a very cost-effective means of increasing the effective Internet access bandwidth for a school and can be combined with a variety of external connectivity technology options. Caching is not mentioned explicitly in this section because it applies to all connectivity options. CANARIE is funding several pilot projects to provide the empirical data needed to better understand the impact and design of caching technologies.

3.1 Geographic Categories 1 & 2

For schools in geographic categories 1 & 2 there are many external connectivity options from which to choose, both wired and wireless. In the case of category 2 schools, the choice is somewhat more limited as there is only one service provider and the prices are generally higher than they are for the same service in a category 1 area.

If the school is to be connected directly to the Internet then an option must be chosen that provides an Internet "on-ramp". Such options include:

- Dial-up Internet. This technology was one of the first widespread connectivity options used by schools and is still in heavy use today. For many schools, this option consisted of a single computer and a modem. An "Internet Gateway" (see section 3.3 for details) can be used to share a single dial-up connection among multiple computers on a LAN. With 56Kbps modems it is possible to provide reasonable connectivity to small schools for web-based access.

  The actual throughput achieved with 56 Kbps technology varies considerably. To start, FCC restrictions in the US limit the theoretically uncompressed throughput to about 53 Kbps. Line noise can further reduce the actual throughput. On the other hand, compression can increase throughput beyond 56 Kbps for certain types of files. In general, uncompressed throughput is between 24 Kbps and 50 Kbps.

- xDSL-based services such as Bell's Sympatico High Speed Edition service. While xDSL technology promises bandwidth as high 6 Mbps, the consumer services use technology that trades bandwidth for ease of installation. These services typically offer asymmetric bandwidth of around 1 Mbps into the school and 300 Kbps out of the school.

- Cable-based services such as Roger's @Home. Like xDSL-based services cable-based services are also asymmetric, with speeds up to 30 Mbps into the school and up to 10 Mbps out of the school. However, the cable architecture works in a manner very similar to Ethernet, so the available bandwidth is shared among a number of subscribers. The actual experienced bandwidth is typically much less than 30 Mbps.

  Cable-based services are still relatively new, with the load placed on the underlying network infrastructure relatively light. Experience to date suggests experienced bandwidth equivalent to xDSL, around 1 Mbps.

- ISDN. Though an older technology than xDSL or cable-based technology, ISDN is a proven, circuit switched digital technology that is used to create point-point links, either to ISP's (for dedicated connections) or between two buildings. The most common form of ISDN for point-to-point links is Basic Rate ISDN which supports two 64 Kbps digital channels. These channels can be bonded together to create a 128 Kbps pipe. Compression technologies can be used to increase the bandwidth by up to four times for certain types of data.

- "Dedicated" Internet connections from major ISP's such as PSInet or UUnet. These connections are offered at various bandwidth levels, starting at 64 Kbps through to 45 Mbps (T3).

- LMCS. Local Multipoint Communications Systems (LMCS) is a broadband wireless telecommunications common carrier service in the 28 GHz range that will be capable of carrying basic and advanced communication services such as "wireless" cable TV, Internet access, video teleconferencing and various other multimedia. A central transmitting/receiving station will handle signals to and from homes and businesses within a 4-5 km radius. Several such stations will be required in each city to service the total geographic area. Homes and businesses will send and receive the signals through equipment consisting of a small unobtrusive "pocketbook sized" antenna plus the associated electronics which are about the size of a television converter.

  In October 1996, Industry Canada issued three licenses for LMCS service to Cellular Vision Canada Ltd. (now WIC Connexus), RegionalVision Inc. and MaxLink Communications, with RegionalVision applying for licenses for 127 "smaller" communities across Canada. Rollout of LMCS services has been slow, though WIC Connexus has been in beta testing since summer 1997. It is unknown what level of LMCS penetration will be achieved by the year 2000.

  LMCS will be used to provide high speed "last mile" connections in competition with fibre-based service providers. Data, voice and cable TV will be offered, with the available bandwidth divided as required to accommodate these different services. Information on data bandwidth is difficult to find but it appears that T1 and possibly as high as T3 data connections will be available.

These options can also be used to connect individual schools to a school board intranet or to connect a school board intranet to the Internet. In addition, various "point to point" WAN technologies can be used to connect an individual school to a central hub (such as a school board office) in a school board intranet. These additional options include:

- xDSL over copper. The same technology used by carriers to offer ADSL and related services can also be used to implement point to point links. For buildings serviced by the same central office, it is possible to lease a pair of wires between two buildings. This service, often referred to as "dry copper", is quite inexpensive (on the order of $25 to $50 per month). By placing xDSL equipment at either end of this point to point link it is possible to construct a multi-megabit link between two buildings.

The bandwidth that can be achieved using xDSL over copper varies considerably, with distance between schools being the major factor. Even with this limitation in mind, symmetric bandwidth on the order of 2 Mbps is common.

-

- Dark Fibre. In many cities there is an abundance of unused or "dark' fibre cable. This cable has been installed by a variety of companies, including telcos, cablecos, and even utility companies. Recent advances in the electronics used to transmit data over these fibre cables have dramatically increased the bandwidth that can be supported on a single fibre optic strand within the fibre optic cable bundle. This dramatic increase in capacity has resulted in a situation where companies that have installed fibre optic cable can rent or sell off unused fibre optic strands.

  The prime attraction of dark fibre is that the recurring monthly charges are independent of the data rate. The data rate is determined by the electronics installed to transmit data, equipment that is owned by the school or school board. With the price of the electronics used to transmit data over fibre optic cable decreasing all the time, this solution is now affordable for many school boards.

- Terrestrial broadband wireless (spectrum) technology. An alternative to "wired" technologies is so-called spectrum technology that makes use of the electromagnetic spectrum to transmit information. This "wireless" technology uses various portions of the electromagnetic spectrum, including infrared. Since the performance of terrestrial broadband wireless technology is partially dependent on the frequency that is used, it is not surprising that the data transmission characteristics are also dependent on the frequency used. Examples of terrestrial broadband wireless technology include the unlicensed ISM (Industrial, Scientific, and Medical) band, LMCS, and MCS (Multipoint Communications Systems). Bandwidth in the 2 Mbps to 10 Mbps range is possible, over distances of up to 50 km.

  Terrestrial broadband wireless technology generally requires a clear "line of sight" between points. Obstructions such as trees and buildings can impact the implementation of the technology. As well, rain and snow can impact the throughput of certain spectrums.

  Multipoint Communications Systems (MCS) is a general term for radio systems where a main hub radio station communicates with many locations within a given area. Depending on equipment capability and bandwidth availability, numerous uses of MCS are possible. In the 2.5 GHz range, these systems will be capable of carrying basic and advanced communication services such as telephone, Internet access, video, and various multimedia applications. Information as to the bandwidth that might be available in a typical implementation is not available, though it is believed to have a range of 1-10 Mbps, depending on transmission range.

ISM band technologies operate in the 900 MHz, 2.4 GHz, and 5 GHz ranges. Data rates vary but are generally in the 2 to 5 Mbps range over distances exceeding a few hundred metres. Distances also vary depending upon implementation but can be as high as 50 km for the 5 GHz range.

Table 3-1 indicates which of the connectivity options can provide the bandwidth required based on the school size and on the type of Learning Applications that will be used; refer to table 2-1 in section 2 for a summary of the bandwidth requirements. For connecting a school board intranet to the Internet, add up the school sizes in the board and use table 2-1 to determine the corresponding bandwidth required.

		Connectivity Options		
		Web-based	Limited MultiMedia	Full Two-Way MultiMedia
School Size	1 to 100	Dial-up ISDN xDSL-based Cable-based	xDSL-based Cable-based Dedicated Connect – T1 Dark fibre LMCS	xDSL-based Cable-based Dedicated connect – T1 Dark fibre Terrestrial broadband wireless
	101 to 300	Dial-up ISDN xDSL-based Cable-based	xDSL-based Cable-based Dedicated connect – T1 Dark fibre LMCS	Dedicated connect – 10 Mbps Dark fibre Terrestrial broadband wireless
	301 to 500	Dial-up ISDN XDSL-based Cable-based	xDSL-based Cable-based Dedicated connect – T1 Dark fibre Terrestrial broadband wireless	Dedicated connect – 10 Mbps Dark fibre Terrestrial broadband wireless
	501 to 1000	ISDN xDSL-based Cable-based Dedicated connect – T1 Dark fibre Terrestrial broadband wireless	Dedicated connection – T1 Dark fibre Terrestrial broadband wireless	Dedicated connect – 10 Mbps Dark fibre Terrestrial broadband wireless
	1001 to 2000	xDSL-based Cable-based Dedicated connect - T1 Dark fibre Terrestrial broadband wireless	Dedicated connect – 10 Mbps Dark fibre Terrestrial broadband wireless	Dedicated connect – T3 Dark fibre Terrestrial broadband wireless

		Connectivity Options		
		Web-based	Limited MultiMedia	Full Two-Way MultiMedia
	> 2000	xDSL-based Cable-based Dedicated connect – T1 Dark fibre Terrestrial broadband wireless	Dedicated connect – 10 Mbps Dark fibre Terrestrial broadband wireless	Dedicated connect – T3 Dark fibre Terrestrial broadband wireless

Table 3-1

Table 3-1 clearly shows that the range of options decreases quickly as the bandwidth requirements increase.

If one was to consider the computer to student ratio of 1:3, the availability of adequate technology becomes a crucial part of the equation. For example, Web-based applications would thus require fractional-T1 access or better, while Multimedia access would be limited to 10 Mbps or T3 dedicated connection, or dark fibre.

3.2 Geographic Category 3

Unlike Category 1 & 2 schools, Category 3 schools have fewer service offerings from which to choose. Wired technologies are typically limited to dial access, with schools often dependent upon special arrangements with carriers (such as the MT & T educational rate) to minimize or eliminate long distance charges. Viable alternatives for these schools include:

- LMCS if they fall into one of the 127 rural areas to be serviced by RegionalVision.

- Satellite-based Datacasting Technology. Like xDSL and cable-based technologies, Satellite-based Datacasting technology provides asymmetric bandwidth on the order of up to 400 Kbps (actual throughput depends upon the number of schools making use of the service) into the school via satellite, and low speed dial access outbound from the school. Industry Canada's SchoolNet already has a successful model in place with First Nations Schools and some provincial schools using DirecPC services from Telesat.

- Terrestrial broadband wireless technologies. These technologies can be used to connect schools to form an intranet. This approach is particularly appealing in situations where one of the schools (or the school board office) is located within close proximity to an urban area.

Table 3-2 indicates which of the connectivity options will provide the bandwidth required based on the school size and on the type of Learning Applications that will be used. For

connecting a school board intranet to the Internet, add up the school sizes in the board and use table 2-1 to determine the corresponding bandwidth required.

Though some options are potentially available for multimedia connectivity, it is likely that for all practical purposes, full two-way multimedia connectivity in Category 3 areas won't be achievable until after at least 2002.

		Connectivity Options		
		Web-based	Limited MultiMedia	Full Two-Way MultiMedia
School Size	1 to 100	Dial-up Satellite datacasting LMCS Terrestrial broadband wireless	LMCS Terrestrial broadband wireless Satellite Technology	LMCS Terrestrial broadband wireless Satellite Technology
	101 to 300	Dial-up Satellite datacasting LMCS Terrestrial broadband wireless	LMCS Terrestrial broadband wireless Satellite Technology	LMCS Terrestrial broadband wireless Satellite Technology
	301 to 500	Dail-up Satellite datacasting LMCS Terrestrial broadband wireless	LMCS Terrestrial broadband wireless Satellite Technology	Terrestrial broadband wireless Satellite Technology
	501 to 1000	Satellite datacasting LMCS Terrestrial broadband wireless	LMCS Terrestrial broadband wireless Satellite Technology	Terrestrial broadband wireless Satellite Technology
	1001 to 2000	Satellite datacasting LMCS Terrestrial broadband wireless	Terrestrial broadband wireless Satellite Technology	Terrestrial broadband wireless Satellite Technology

Table 3-2

3.3 Geographic Category 4

For all practical purposes, the only External Connectivity options for Category 4 (often referred to as remote) areas are based on satellite services. Schools in remote areas are faced with the challenge of adopting wireless solutions within an affordable price model. While terrestrial broadband wireless technology can play a role in point to point communications between remote communities, connectivity to the Internet is limited to satellite technology. Solutions achievable before the end of 1999 include:

- Satellite-based Datacasting. Using the First Nations model for those schools in remote areas, a successful planning, implementation, and support infrastructure has been built using DirectPC from Telesat and can be used to expedite deployment of connectivity solutions for remote schools. Return feeds can be achieved by either wireline, or MSAT technology where land-based telephony solutions are not feasible. Note, however, parts of Northern Canada are not covered by the satellite that supports DirecPC.

- VSAT. While expensive compared to the satellite-based datacasting solution, VSAT provides two-way communication for Internet connectivity. This solution should only be used in cases where VSAT is the only option, because from a cost benefit perspective, it proves to be the most expensive settlement for the least bandwidth.

Note that Telesat will launch the Anik F1 satellite in the year 2000. The service for this satellite will include connectivity for educational facilities in remote locations. Little is known at this juncture about the services that will be offered, and the costs involved.

Table 3-3 indicates which of the connectivity options will provide the bandwidth required based on school size and on the type of Learning Applications that will be used. Multimedia capabilities within remote institutions will likely not be possible until 2002.

		Connectivity Options		
		Web-based	Limited MultiMedia	Full Two-Way MultiMedia
School Size	1 to 100	Satellite datacasting VSAT	Satellite datacasting VSAT	VSAT
	101 to 300	Satellite datacasting VSAT	Satellite datacasting VSAT	
	301 to 500	Satellite datacasting VSAT		

Table 3-3

3.4 Costs

For many schools, the most important attribute of any External Connectivity option is price. It doesn't matter how good the technology might be or the benefits it might offer if the school cannot afford to make use of it. Industry Canada should propose a process for assessing the affordability of various levels of external connectivity for schools, and determine recommended minimum service-level guidelines. There may be a considerable gap between provincial budgets for External Connectivity and the Limited Multimedia bandwidth requirements discussed in section 2.2.1.

One example of the gaps that exist today can be found in B.C. In constructing the Provincial Learning Network, the B.C. Department of Education found considerable variation in the cost of relatively low-speed 56 Kbps leased circuits as follows:

Communities served by ISDN:	$138/month
Communities served with Digital Channel Service:	$330/month to $1,000/month
Communities with analog service only:	$2,000/month
(served by 2-way satellite service)	(plus $40K installation)

A notable trend in telecommunications has been the convergence of data, voice and broadcasting services. While these services have traditionally been provided on separate networks and offered by different services providers, there is an inevitable trend towards digital networks on which all three services are carried simultaneously. Schools can take advantage of convergence by aggregating their administrative and educational voice, data and broadcasting services onto single internal and external connections. In so doing, many school boards can realize significant benefits. Chief among these benefits is either reduced costs or significantly enhanced services at the same cost. Indeed, some school boards across North America have found that the cost savings on administrative service costs were sufficient to cover the cost of purchasing additional bandwidth for educational purposes.

4 INTERNAL CONNECTIVITY OPTIONS

External Connectivity options are evolving at a rapid pace, with new options available every year. Internal Connectivity options, on the other hand, are more advanced and a period of consolidation has taken place over the past several years. Ethernet has emerged as the dominant LAN standard and attention has shifted to lowering the cost of Ethernet equipment (Ethernet cards for PCs are now available for less than $30) and to increasing the speed (first to 100 Mbps and now to Gigabit (1000 Mbps) Ethernet). Ethernet is clearly the networking standard for Internal Connectivity.

To the extent possible, Internet Connectivity choices should isolate schools from changes in External Connectivity technology. Broad support of the Internet Protocol (IP) for all applications will help greatly in achieving this goal. One of the key features of the TCP/IP protocol suite is the ability to run the Internet Protocol (IP) over just about any physical networking infrastructure. IP was designed from the start to be independent of the underlying network technology. Hence, changing the underlying network technology has little or no impact on any TCP/IP based application. All Learning Applications should be IP based to make them as immune to changes in data transmission technology as possible.

For the most part, Ethernet networks are constructed in a star configuration with individual computers connected to Ethernet hubs or switches. These hubs and switches are often connected together, sometimes using a higher speed of Ethernet than is used on the links to the individual computers. There are two broad classes of the approaches that can be used to wire computers to the hub or switch:

- running network cabling specifically for the LAN; or
- using wireless or "power line" (transmitting data over electrical wiring) technology for portable applications or for situations where it is not feasible to run dedicated network cabling

Connecting an Ethernet network to an external network can be as easy as connecting the device used to provide External Connectivity into an Ethernet hub or switch. However, this approach isn't always sufficient (e.g. cable-based technology may require some form of network address translation) nor does it adequately protect the internal network from unwanted access. Hence, an "Internet Gateway" is proposed. This Internet Gateway can provide a variety of services, including:

- Network address translation
- Firewall
- Filtering
- Caching

This section examines Internal Connectivity in terms of the options available to implement the two wiring approaches and the role of the Internet Gateway.

4.1 Dedicated Network Wiring

Constructing an Ethernet based LAN using wires has become a relatively straightforward proposition. The components needed are available from a variety of sources, including most computer stores. While there are many companies who can install Ethernet based networks for a reasonable price, it is also within the technical grasp of most computer literate people to install such a network. The most difficult part is running network cables through walls and ceilings.

Whenever possible, cables should be installed that will support 100 Mbps Ethernet for multimedia applications, even if the initial use will be for 10 Mbps Ethernet. The difference in price is minimal and the ability to move to 100 Mbps at a future date is worth the small difference in price. Another recommendation is to use so-called "patch panels" to terminate the connections from each classroom. This approach makes it easy to reconfigure the network when required.

Either an Ethernet hub or Ethernet switch can be used to construct the LAN. Although switches cost more, they do provide better overall performance for high bandwidth applications. On the other hand, hubs are quite inexpensive and, as the prices for switch decrease in the future, it may be as economical to buy a hub now and to replace it with a switch at later date. The main consideration is how long before the school will need the additional performance afforded by an Ethernet switch.

For "web-based" applications, 10 Mbps Ethernet connections to each computer are sufficient. If the school has a "File Server" (often referred to simply as "the server") of some form then a 100 Mbps connection to the file server should be considered. Similarly, if there are multiple hubs or switches, consideration should be given to interconnecting them with 100 Mbps Ethernet.

4.2 Wireless and Power Line Networks

For some schools (or in parts of some schools) it may be difficult or impossible to install Ethernet cables. In these cases, two alternative technologies are available: wireless and "power line". Both these technologies can be combined with wire technology to construct hybrid networks.

Both wireless and power line technology developments are being driven by the emergence of home networks. Most homeowners are not going to consider running Ethernet cable throughout their home. Hence, alternate technologies that do not require physical installation of cables are required.

Wireless technology uses spectrum technology, typically in unlicensed frequency bands, to transmit data over limited distances (usually around 150 feet indoors). Much work is being done to develop a standard for wireless networking (such as the IEEE 802.11 standard). In the interim, several companies, including Proxim, Diamond Multimedia and Lucent have developed proprietary products that work in the 2.4 GHz range and offer bandwidth in the1 Mbps to 2 Mbps rannge, with 10 Mpbs products now starting to appear. The cost of these products is 20% to 50% more than wired technology (e.g. a PCI Ethernet card can be purchased for between $50 and $125 while a Diamond Multimedia wireless PCI card costs approximately $150).

"Power Line" technology uses existing electrical wiring to transmit data. Since electrical current only uses 60 Hz of bandwidth, there is considerable data carrying capacity in electrical wiring. Indeed, several vendors of products that allow remote control of appliances have used this technology.

Nortel Networks and U.K.-based United Utilities created a joint venture called Nor.Web to explore the commercial viability of Digital Power Line (DPL) technology. DPL can be used to carry high-speed data over the electric power lines into homes and businesses. The companies have recently decided not to pursue DPL as a commercial offering in the U.K. because, at the present time, they feel that there is limited market opportunity relative to xDSL and cable modem technologies. Their trials did demonstrate that the technology works and, hence, should be examined as a potential high-speed Internet access option for schools and for use in internal LANs.

4.3 Internet Gateway

It has become common practice to isolate internal networks from the Internet using devices such as firewalls. This firewall functionality can be combined with other features to create a device that provides a number of benefits, including:

- Protection against unauthorized access to the internal network through the Internet;
- Improved performance by reducing the level of Internet traffic; and
- Controlled access to Internet resources (e.g. protecting against access to inappropriate material for students)

For purposes of this report, this device is referred to as an "Internet Gateway". The Internet Gateway typically has two Ethernet ports, with one connected to the External Connectivity device and one connected to the internal school network. All traffic to and from the Internet must pass through the Internet Gateway. The Gateway will have the ability to pass all protocols.

The first role of the Internet Gateway is to isolate the internal network from the Internet, with access to and from the Internet strictly controlled. Each school can decide on the level of access they wish to provide, both to the outside world accessing school resources and to the students accessing Internet resources.

Related to the firewall function is filtering. Filtering provides schools with a means of controlling access to Internet resources by defining rules specifying the type of content that is permissible. The Internet Gateway discards all other content. The rules are generally designed to reflect school/school board policy.

The Internet Gateway can also improve performance through techniques such as caching and multicasting. Both these techniques are the subject of CANARIE project submissions. Caching takes advantage of the observation that many people, including students, will access the same Internet resources (such as the SchoolNet and provincial/local education web sites). If the content offered by these resources is cached locally after the first person has accessed then the next person accessing it will see substantially improved performance. Further, the bandwidth saved in accessing the resources a second time will be available to others, thereby improving their perceived performance. If properly designed, caching can increase the perceived bandwidth of an Internet connection.

CANARIE is examining hierarchical, intelligent caching mechanisms. These mechanisms allow multiple caches to be examined for content and for "downstream" caches to be populated with content from "upstream" caches. Telesat has submitted a proposal to CANARIE for a pilot project using a satellite to broadcast popular web sites and multimedia learnware to caches. This project is but one example of how an intelligent cache might be populated.

Multicasting is a technique used with broadcast applications such as remote instruction. If two or more people are viewing an Internet broadcast then the load on the Internet connection increases linearly, with one data stream per person. Multicasting provides a mechanism to share a single data stream among multiple users on the local network. Multicasting may make certain types of broadcast applications possible without large investments in bandwidth.

All of the features proposed for the Internet gateway are available in a variety of different devices. Combining them into a single, affordable device for schools is a possible Industry Canada SchoolNet project.

5 RECOMMENDATIONS

While it is very tempting to look for one, there is no "silver bullet" that will deal with all school connectivity problems. These problems are complex and they require solutions that are sophisticated yet easy to implement. The situation is both aided and complicated by rapidly evolving networking technology.

Industry Canada's SchoolNet and the provinces have made Canada the first country to successfully connect all their schools to the Internet. SchoolNet has a critical role in establishing a bold program to advance to the next stage of classroom connectivity. First and foremost, the Program can provide leadership to coordinate and support provincial efforts and can encourage the establishment of subsidy programs for rural and remote areas. Equally important, Industry Canada's SchoolNet, in partnership with the private sector, can offer solutions to specific technical problems, and can arrange for discounts on equipment and services to be purchased.

In developing its recommendations, the Connectivity Working Group encountered a recurring issue: find ways to reduce the **COST** of network access. While initially framed as a recommendation, this issue is really a key objective against which the success of all recommendations can be measured. Many of the remaining recommendations can be categorized as follows for ease of prioritization and understanding:

- **Service Level Guidelines.** Recommendations in this category focus on defining the service level guidelines needed to support the connectivity objectives of SchoolNet in Phase II (31 March 2001). While affordability will be an issue for many school boards, these guidelines make it possible to assess the affordability "gap" and provide a measurable goal when developing programs to bridge the gap.

- **Participation in other Government Initiatives.** "Connecting Canadians" is an Industry Canada led initiative that has spawned many programs, including SchoolNet. Achieving SchoolNet's goals can be, in some cases, best achieved by participating cooperatively with other key Industry Canada branches, organizations and programs such as CANARIE, the Spectrum Policy Branch and the Communications Research Centre (CRC). This cooperation will result in an effective overall government program for school connectivity.

- **Private Sector Partnerships.** Considerable investment is being made by the private sector in Internet infrastructure and applications. Just as Industry Canada can lever the investment of other government departments through cooperation, so too can it lever private sector investment to develop the most effective technological solutions for schools.

- **Pilot Projects.** While the technology options identified by the Working Group are "field proven", some of them have not been widely used in an education setting.

Hence, pilot projects are needed to learn more about the characteristics of the technologies and how they can be most effectively deployed in an education setting.

- **Recommendations to Other Working Groups.** Several recommendations fit within the mandate of other Working Groups and can be addressed through small modifications to the recommendations of these Working Groups.

A number of recommendations in these five categories are already underway. Such recommendations are marked with ***[*]*** to differentiate them from recommendations for which work has not yet begun.

5.1 Service Level Guidelines

1.1 Work with appropriate provincial and regional bodies to define minimum service level guidelines needed to support the connectivity objectives of SchoolNet, Phase II. As a minimum, these guidelines should address:

- Connected computer to student ratio;
- External Connectivity bandwidth (data rates); and
- LAN infrastructure.

The guidelines are intended to help these bodies determine the gap between what is currently in place and what is needed to achieve connectivity to the classroom. As well, these guidelines will help in selecting the technologies needed to achieve the connectivity objectives of SchoolNet, Phase II. Once defined, these guidelines should be widely promulgated.

To better understand a school's connectivity requirements, develop a 'bandwidth' profile for students at various grade levels and teachers for Internet access, e-mail and other multimedia services. This profile should be based on the learning and communication needs of students as they progress through the educational system. It will also include the minimum data rates, availability and administrative overhead. The profile will provide the basis of aggregate bandwidth requirements for the classroom, school and local Board.

Once service level guidelines have been established, lead a study to identify the current availability and cost of required technologies to provide such services in urban, rural and remote areas.

1.2 ***[*]*** Initial business and technical planning activities have begun on the development of a SchoolNet Access Registry. The registry is intended to be an interactive on-line tool describing connectivity options suitable for schools according to their identifying characteristics. The information contained in the registry will be comprehensive, including a database of connectivity options, white papers, best practices and case studies. As part of this project, SchoolNet will continue to

facilitate the discussion of provincial networking leaders through meetings, workshops, and conference calls, inviting special guests on occasion to offer insight into issues under discussion.

1.3 Following the high cost service hearing of the CRTC, provide leadership and investigate the establishment of a federal/provincial/territorial mechanism to ensure that the technologies identified in the technology guidelines are available to, and affordable by, schools in rural and remote areas. As part of the investigation, develop a process for collecting reaction from the education community to the CRTC's recommendations.

1.4 Support the continued use of the full TCP/IP protocol suite with **ALL** Learning Applications using the Internet Protocol (IP) to exchange data. This approach minimizes the dependence on any particular data transmission technology, thereby allowing schools to take advantage of new or lower cost data transmission technologies as they become available. Support for legacy protocols such as those used for video conferencing must be provided in the short term (3 years).

1.5 Promote Ethernet as the data transmission standard for Internal Connectivity.

1.6 ***/*/*** In preparing its recommendations, the Connectivity Working Group recognized that more background information on terrestrial broadband wireless technologies and how they can be used to connect schools is required. Recently, a report commissioned by SchoolNet on terrestrial broadband wireless technologies was released. This report serves as an excellent introduction to the technology and offers some basic cost information. This report can be expanded to identify a crossover point that quantitatively describes the criteria ideal for using a specific spectrum band, or using satellite technology. As well the following issues need to be more thoroughly investigated:

- Roles of broadband wireless access systems for education;
- Existing products and those under development;
- Pricing issues for schools (capital and on-going);
- Security issues;
- Management issues;
- Relevant licensing issues; and
- Roles of the federal and provincial governments for acceleration of deployment and the coordination of educational requirements in international forums such as the ITU-R and CITEL.

1.7 Encourage schools to provide links, as appropriate, to each classroom, in addition to key laboratory and library spaces.

1.8 Create a framework for the long term goal of achieving symmetric high speed access for Canadian schools such that the sustainability of relevant educational

content may be controlled by the educational community by having the schools become multimedia content providers.

5.2 *Participation In Other Government Initiatives*

1.9 */*/* Establish a memorandum of understanding (MOU) between SchoolNet and CANARIE. The goal will be to harmonize SchoolNet and CANARIE objectives and funding to make the most effective impact for Industry Canada. There is a need to cooperate closely on CANARIE's satellite caching and general caching pilot projects. These projects may offer an important solution to meeting SchoolNet's connectivity goals in this next phase. The MOU should include allowing the use of CA*net 2 and 3 by the K-12 education community for delivery of multimedia learnware and other broadband education application between schools. This use of these advanced, high-speed IP networks can be established through the connection of school board networks, SchoolNet provincial/regional partners' servers and the SchoolNet server to the CA*net 2 and 3 gigapops.

1.10 Support the inclusion of "public access" provisions as part of licenses granted for terrestrial wireless technologies that support broadband access. Companies receiving spectrum licenses should be obliged to give preferentially priced service for educational use.

A good example of this preferential treatment is Industry Canada's inclusion of a learning focus in the recent announcement of a comparative licensing process for Multipoint Communications Systems in the 2500 MHz range. Applicants for these licenses must prepare and submit a "Learning Plan" that describes, in detail, the services, content, and/or infrastructure that the applicants plan to offer within their commercial services in order to foster or improve the acquisition of skills, knowledge and understanding.

1.11 Support access to frequency spectrum for the implementation of broadband wireless systems. Large frequency blocks of spectrum, as compared to individual frequency channels, provide greater flexibility for service providers to offer broadband capacity to many users. This approach will enable more opportunities to economically provide broadband capacity to schools.

1.12 Support the CANARIE/CRC longer-term initiative on developing a low-cost solution and architecture to provide Gigabit Ethernet access for schools.

1.13 Investigate the development of a model to help schools understand the benefits of aggregating their educational and administrative voice and data traffic. As a number of schools across North America have already discovered, the costs savings on administrative telecommunications traffic can help cover the cost of increased bandwidth for educational purposes. A report prepared by D.A. Ford and Associates and entitled "Initiatives to Facilitate and Optimize Access to the Internet" serves a starting point for this investigation. Another source of information is the Educational Network of Ontario (ENO), which recently installed

Cisco Voice Over IP (VOIP) technology to server their main office plus one remote office.

5.3 Private Sector Partnerships

1.14 *[*]* Satellite technologies play a key role in providing networking for those geographic areas for which terrestrial wired or wireless WAN solutions are not available. As a world leader in satellite technology dating back to 1962 with launch of the Alouette satellite and the first country to launch a commercial domestic communications geostationary satellite, Canada has successfully exploited this technology to deal with the vast distances over which our population is spread. Once again, Canada can take a leading role in serving small population centres with advanced satellite technology. Recognizing the importance of this technology, several projects have already been initiated, including:

1.14.1 Work with Telesat and Bell ExpressVu to t migrate DirecPC services to the new Nimiq satellite. Once the migration to the Nimiq satellite is complete, consideration will be given to exploring new service options and ways to increase the effective bandwidth available to individual schools that use the service.

1.14.2 Work with Telesat to investigate the development of a satellite caching service (satellite broadcasts to school/school board cache servers) as a cost-effective means of increasing the effective Internet access bandwidth available to all Canadian schools (remote, rural and urban).

1.14.3 Investigate and help define the services to be offered by Telesat longer term by the Anik F2 satellite that will be launched in 2002. Areas of study should include future school multimedia applications requirements, satellite bandwidth capacity, service plans and pricing, and school satellite terminal requirements.

The Connectivity Working Group recommends that additional satellite projects be considered, including:

1.14.4 Work with the CRC to understand the potential benefits of the VSAT bandwidth-on-demand service through CRC's trials of this technology in rural and remote communities.

1.14.5 Poll the provinces to determine what satellite initiatives are currently underway and document them.

1.14.6 Investigate the datacasting services available from other vendors such as CANCOM.

1.15 Promote the use of xDSL and Cable Internet connectivity as lower cost land-based alternatives in urban and rural schools, where available. This will include exploring the mechanisms for working with Canada's telephone and cable companies to expand xDSL and Cable access in various regions and provinces to include schools.

New pilot projects should be initiated in provinces who make these services available, but where schools are not yet using the technology to its fullest potential (e.g. voice over IP, video streaming). SchoolNet should explore mechanisms for working with Nortel Networks and with Canada's telephone companies such that their future field trials of One- and Two-Meg Modems will include schools across the country. SchoolNet should seek out successful models of these technologies, and include them in the SchoolNet Access Registry.

1.16 Promote the upgrade of existing telecommunication facilities to allow for the connection of two-way high speed digital services. This should include mechanisms to inter-connect 2-way cable TV systems in rural and underserved areas, and the upgrade or installation of state of the art telecommunication switches to allow for the delivery of current and future broadband technologies. This recommendation can create a competitive environment in rual and underserved areas of the country, stimulating the introduction of more services and reduced bandwidth costs.

1.17 Working with an owner of existing dark fibre, implement a high speed data network connecting a number of schools. Ideally, the trial should both demonstrate the technical feasibility of this approach and act as a model for how the management and policy issues can be handled.

1.18 Take a leadership role in exploring the technologies used in an Internet Gateway for schools. The incentive for the private sector to participate in some form of partnership is that these technologies can be readily adapted to the needs of small and medium sized business. Levering both school and business needs in this way will result in the development of technology that the market will not necessarily demand until it sees it and that schools will not be able to develop on their own.

1.19 In partnership with the private sector, investigate and extend technological solutions that increase the availability and affordability of the minimum connectivity service levels to schools in rural and remote areas.

5.4 *Pilot Projects*

1.20 */*/* Terrestrial broadband wireless technologies pilot projects are currently in progress to examine the use of these technologies for point-to-point connectivity options to connect schools to school board intranets. These pilots include several different technologies including LMCS. The results of these pilots need to be collected and placed in the Access Registry for wide dissemination.

1.21 */*/* Preliminary discussions have begun to define a project to investigate the potential impact of digital power line technology for connectivity.

1.22 */*/* Support the expansion of wireless LAN pilot projects with various Canadian schools, building on an OCRI pilot project already commenced with Ottawa area schools. Reviews focussed specifically on use of these products in school settings

could identify issues to be considered when using any of these products, saving individual schools time and money when installing them. The results of these trials can be shared with other schools through the SchoolNet Access Registry.

1.23 Initiate pilot projects to test the concept of the Internet Gateway. The Internet Gateway is a relatively inexpensive, centralized solution that allows for schools to reap the benefits of caching, security, and intelligent routing within a self-contained manageable framework. Efforts by CANARIE to deploy satellite-caching projects can be harmonized with the idea of the Internet Gateway. SchoolNet should identify the components of this connectivity appliance (hardware, software, etc.) and deploy this solution in a variety of schools based on the criteria in this report.

1.24 Prepare a study on the use of dark fibre for educational purposes using one or more of the Quebec school boards that have installed private fibre networks as case studies. The study should address the technical, financial, regulatory and administrative issues that were encountered. The study should also examine:

- the availability of currently installed dark fibre across the country;
- the availability of this dark fibre to educational users; and,
- the possibility of municipalities making fibre access to schools a condition for granting rights-of-way when the fibre is installed.

5.5 Recommendations To Other Working Groups

1.25 ***[*]*** Work with the Research and Measurement Working Group to include connectivity measures as part of their recommendation to establish a process to assess the current level of the use of ICT in schools. Data will be collected to identify which technologies, along with their associated costs, are being used by school size category.

1.26 ***[*]*** Work with the Research and Measurement Working Group to include connectivity measures as part of their recommendation to establish a process to monitor progress on the use of ICT in schools. This information is useful to determine trends, strengths, and weaknesses in connectivity technology evolution, and will help Industry Canada and its partners to plan better for the future access/telecommunications requirements of the education sector.

NOTE: Both recommendations 1.25 and 1.26 are being implemented. SchoolNet and its partners are working with Statistics Canada to develop a multi-year program of statistical surveys and studies to monitor progress in the penetration, use and pedagogical impacts of ICT in schools. The first component of the program calls for the implementation in Fall 1999 of a first ever on-line national pilot survey to collect baseline data on Internet connectivity levels in schools and classrooms. The survey will be re-administered each

year for the next two to three years as a means to monitor progress in the penetration, quality and effectiveness of ICT in classrooms. The other components of the program, which will be phased in over the next two to three years, will be based on existing StatsCanada educational surveys and focus on the use of ICTs in the learning process.

Octobre 1999 – VERSION RÉVISÉE

CONSEIL CONSULTATIF NATIONAL DE RESCOL (CCNR)

GROUPE DE TRAVAIL SUR LA CONNECTIVITÉ

Rapport sur la connectivité

Préparé par

Michael Martineau
xwave solutions

1 INTRODUCTION

1.1 Objet

Pour atteindre son objectif consistant à faire du Canada le pays le plus « branché » du monde, le gouvernement fédéral a mis sur pied l'initiative « Un Canada branché » dont l'un des piliers est le programme Rescol. Reconnu à l'échelle internationale, ce programme en partenariat vise à relier toutes les écoles du Canada à « l'autoroute de l'information » afin de s'assurer que les futurs travailleurs du savoir du Canada possèdent les compétences nécessaires pour se tailler une place dans l'économie du savoir. Industrie Canada gère ce programme de concert avec les provinces et les territoires ainsi qu'avec le secteur public et diverses associations du domaine de l'éducation.

Certes, les réalisations accomplies par le Canada au cours de la première phase du programme Rescol d'Industrie Canada ont connu un succès retentissant. Toutefois, la technologie de réseautage sur laquelle ce programme se fonde continuant d'évoluer rapidement, les objectifs de Rescol doivent suivre le rythme de ces changements. Le concept selon lequel un seul ordinateur avec accès Internet constitue un indice de connectivité devient de moins en moins valable à mesure que l'accès par les apprenants devient le but à atteindre. Pour être en mesure de poursuivre leur objectif, soit relier les classes à « l'autoroute de l'information », Industrie Canada et ses partenaires doivent se faire les champions de nouvelles initiatives de connectivité afin qu'un plus grand nombre d'apprenants aient accès aux applications issues de la nouvelle technologie de réseautage à large bande.

Pour relever ces nouveaux défis et ceux que pose actuellement la connectivité dans les régions éloignées, le Conseil consultatif national de Rescol a mis sur pied le « groupe de travail sur la connectivité ». Un des objectifs de ce groupe de travail était de produire, pour le système d'apprentissage canadien, un document de travail sur la connectivité à large bande dans lequel seraient traités les points suivants :

- Normes de connectivité (normes techniques et pour la salle de classe).
- Infrastructure accessible.
- Coûts abordables.
- Partenariat dans le cadre du programme Rescol d'Industrie Canada avec les provinces et le secteur privé pour favoriser le développement de technologies adaptées aux besoins de l'éducation.

Conformément à l'objectif qu'il s'était fixé, le groupe de travail a produit le présent document de travail pour le Conseil consultatif national de Rescol en vue d'aider le ministère à élaborer des programmes qui contribueront à une plus grande connectivité à large bande dans les écoles. Ce document présente un certain nombre d'options de connectivité aux fins d'examen et des recommandations visant à aider Industrie Canada sur les moyens à prendre pour relever les nouveaux défis de la connectivité. La question importante des coûts devra être examinée dans une étude ultérieure afin de déterminer

dans quelle mesure les options d'accès à Internet (de connectivité externe) recommandées sont abordables. L'accessibilité et les coûts des technologies nécessaires pour les applications d'apprentissage multimédias devront plus particulièrement être examinés.

1.2 Portée

Bien que les objectifs à plus long terme visant à fournir un accès Internet à 1 000 Mbit/s soient traités par M. Bill St. Arnaud de CANARIE, le présent rapport vise principalement à identifier les options viables permettant de fournir la connectivité réseau ***à large bande*** aux classes de chaque école du Canada. Parallèlement, l'objectif fixé pour le 31 mars 2001 est de parvenir à la moyenne d'un ordinateur relié par classe. Si la connectivité est l'objectif visé en ce qui a trait à la technologie et à l'architecture réseau, il importe de garder à l'esprit que la connectivité n'est en réalité qu'un moyen pour parvenir à cette fin. L'objectif sous-jacent est de fournir un accès aux applications d'apprentissage sur réseau et de stimuler le développement des compétences exigées par l'économie du savoir. Le choix de la technologie de réseautage repose sur les exigences en largeur de bande de ces applications.

Dans ce rapport, nous tenons pour acquis que le lecteur connaît bien les divers programmes de connectivité d'Industrie Canada, comme le programme Rescol et le programme Accès communautaire (PAC), de même que l'objectif du gouvernement, qui est d'établir un accès équitable et abordable à « l'autoroute de l'information ». C'est pourquoi ce rapport contient peu d'informations générales expliquant « pourquoi » la connectivité est importante ou de renseignements sur l'état actuel des divers programmes de connectivité. Vous y trouverez plutôt une description des options de connectivité possibles et toute référence à une infrastructure existante ne sera faite que pour éclairer les points forts et les points faibles des différentes options.

Ce rapport porte moins sur les problèmes actuels que sur les possibilités futures. Il cherche à faire ressortir l'écart entre ce qui existe actuellement et ce qui est souhaitable pour demain. Il tient compte du fait que la connectivité haute vitesse, à la faveur de l'évolution rapide des technologies, est de plus en plus abordable. Parallèlement, il tient compte des défis que pose la géographie unique du Canada, particulièrement dans les régions éloignées, pour parvenir à la connectivité haute vitesse universelle et abordable. Les recommandations qui y sont faites visent à indiquer comment Industrie Canada, et plus particulièrement le programme Rescol, peut contribuer à réduire cet écart.

Le rapport repose en grande partie sur les études effectuées par le groupe de travail sur la connectivité ou en son nom, y compris les rapports de consultants externes. Comme il s'agit d'un rapport sommaire, ce document ne contient pas tous les renseignements qui se trouvent dans les rapports cités. Le lecteur qui désire obtenir plus d'information peut, au besoin, s'y reporter.

1.3 Structure du rapport

Ce document se divise en cinq sections. Outre la présente section d'introduction, il comprend les quatre sections suivantes :

- Section 2 : Aperçu de l'architecture. Cette section contient la description d'un modèle d'architecture de connectivité de base, appelé modèle d'architecture de réseau de Rescol (MARR). Ce modèle fait la distinction entre deux types de connectivité, soit :

    - La connectivité externe, qui a trait aux liaisons de réseau étendu utilisées pour relier les écoles à Internet ou les écoles entre elles dans un réseau intranet de commission scolaire, ou encore pour relier le réseau intranet d'une commission scolaire à Internet.

    - La connectivité interne, qui a trait à la façon dont les ordinateurs d'une école sont reliés entre eux et aux moyens qu'ils utilisent pour accéder aux liaisons de réseau externe.

    Pour la connectivité externe, le MARR tient compte des facteurs suivants :

    - Classement des écoles en quatre catégories différentes, selon leur emplacement géographique. Ce classement géographique tient compte du fait qu'il n'y a pas une seule solution technologique convenant à toutes les écoles.

    - Taille de l'école, soit le nombre d'élèves.

    - Exigences en matière de connectivité des applications d'apprentissage. Deux grandes catégories d'applications sont utilisées pour évaluer les options de connectivité, soit les applications Web et les applications multimédias, cette dernière catégorie se subdivisant à son tour en deux sous-catégories.

    Le modèle de connectivité externe qui en résulte est un tableau tridimensionnel de caractéristiques où chaque point offre un ensemble différent d'options de connectivité. Au besoin, il est possible de modifier l'échelle de ce modèle pour y inclure d'autres caractéristiques.

- Section 3 : Options de connectivité externe. Cette section contient une énumération des différentes options de connectivité offertes à chaque point du tableau tridimensionnel qui est présenté à la section 2, de même que leurs caractéristiques (par exemple, largeur de bande, disponibilité et coûts).

- Section 4 : Options de connectivité interne. Cette section contient une description de plusieurs technologies permettant de relier les ordinateurs à l'intérieur d'un immeuble.

- Section 5 : Recommandations.

2 APERÇU DE L'ARCHITECTURE

Pendant de nombreuses années, on a tenté de faire une distinction entre « l'autoroute de l'information » et le réseau Internet, certains décrivant ce dernier comme « un simple précurseur de « l'autoroute de l'information ». Aujourd'hui, il est devenu clair que le réseau Internet est « l'autoroute de l'information » annoncée. À la faveur des progrès réalisés, la technologie Internet est en mesure de prendre en charge un nombre sans cesse croissant d'applications les plus diverses, y compris les applications multimédias en temps réel. Comme l'équipe de CANARIE a pu le constater avec le Réseau d'essai national (REN) initial, le protocole Internet (IP) est devenu LE protocole de fait de transmission de données.

La réussite du programme Rescol d'Industrie Canada est attribuable en bonne partie à Internet. Sans ce réseau, il est probable que les écoles auraient adopté divers protocoles de communication, rendant ainsi l'établissement de toute interconnexion universelle quasi impossible. Compte tenu de cette évolution historique et des investissements énormes que des entreprises comme Nortel Networks et Microsoft ont engagés dans la recherche et le développement du réseau Internet, le programme Rescol doit continuer d'utiliser ce réseau et de soutenir la technologie Internet comme technologie de base pour relier les écoles. Ce rapport indique comment assurer la connectivité Internet aux écoles et entre elles. La présente section traite de l'architecture nécessaire à cette fin.

2.1 Exigences

Le modèle architectural a été élaboré avec, comme objectif, la satisfaction des exigences suivantes au 31 mars 2001 :

- Moyenne d'un ordinateur relié par classe (environ un ordinateur par 25 élèves), soit quelque 250 000 ordinateurs reliés au Canada.
- Largeur de bande exigée par les applications d'apprentissage.
- Technologie disponible et facilement utilisable à la fin de 1999 pour en commencer l'implantation au cours de l'an 2000.
- Architecture en mesure de répondre aux besoins de toutes les écoles, en tenant compte plus particulièrement des disparités géographiques.

2.2 Modèle architectural

Ce rapport traite de la technologie de réseautage utilisée pour relier les écoles à Internet. Les choix technologiques sont tributaires de nombreux facteurs, dont l'emplacement de l'école, les budgets et l'état de l'infrastructure connexe comme les immeubles (par

exemple, certaines écoles ne permettent pas l'installation de câbles Ethernet). Comme ces facteurs varient considérablement d'une école à l'autre, il est impossible de déterminer une seule technologie de réseautage pour toutes les écoles. Par ailleurs, il n'est pas utile de considérer chaque école comme un cas unique. C'est pourquoi le modèle d'architecture de réseau de Rescol (MARR) est proposé. Ce modèle établit un cadre permettant de faire correspondre une école à une catégorie et d'utiliser cette catégorie pour déterminer la technologie de réseautage qui convient le mieux.

La technologie de réseautage peut être divisée en deux grandes catégories, soit :

- Technologie de réseau local (RL). Cette technologie a trait à la transmission de données sur des distances relativement courtes, habituellement à l'intérieur d'un immeuble.

- Technologie de réseau étendu (RÉ). Cette technologie a trait à la transmission de données sur de longues distances. Les distances réelles peuvent varier énormément, soit de 1 kilomètre à des milliers de kilomètres. La technologie de réseau métropolitain (RM), qui a trait à la transmission de données dans une même région urbaine, constitue un sous-ensemble de la technologie de réseau étendu. Pour les besoins du présent rapport, la technologie RM est considérée comme partie intégrante de la technologie RÉ.

Pour l'essentiel, les technologies RL et RÉ sont très différentes et, jusqu'à tout récemment, étaient vendues par des fournisseurs différents. Compte tenu de ces différences, le modèle d'architecture de réseau de Rescol (MARR) fait la distinction entre deux types de connectivité, soit :

1. **Connectivité externe**, qui a trait aux liaisons de réseau étendu utilisées pour relier les écoles à Internet ou les écoles entre elles dans un réseau intranet de commission scolaire, ou encore pour relier le réseau intranet d'une commission scolaire à Internet.

2. **Connectivité interne**, qui a trait à la façon dont les ordinateurs d'une école sont reliés entre eux et aux moyens qu'ils utilisent pour accéder à des liaisons de réseau externe.

2.2.1 Modèle de connectivité externe

La technologie RÉ peut être mise en œuvre par l'utilisateur ou achetée comme service auprès d'un fournisseur de services de télécommunications. La disponibilité des services offerts par les fournisseurs de services de télécommunications varie considérablement d'une région à l'autre. Dans les régions urbaines, on trouve habituellement plusieurs fournisseurs offrant une vaste de gamme des services. En revanche, dans les régions éloignées, la population n'est pas suffisamment nombreuse pour que les fournisseurs trouvent intéressant sur le plan économique d'investir dans l'infrastructure qu'exigent les services de réseau étendu.

L'emplacement géographique constituant un facteur déterminant dans le choix de la technologie RÉ, le MARR en tient compte pour la connectivité externe. La disponibilité des services de réseau étendu nécessaires à la connectivité externe est fonction, en grande partie, de la densité de la population. Cette corrélation peut raisonnablement être établie, car les entreprises offrant ces services ont tendance à exercer d'abord leurs activités dans les régions qui vont leur procurer le meilleur rendement économique.

Statistique Canada distingue deux types de centres de population, soit ***urbains*** et ***ruraux***. Statistique Canada définit les régions urbaines comme celles ayant une population d'au moins 1 000 habitants et une densité de population d'au moins 400 personnes par kilomètre carré au dernier recensement démographique. Tout le territoire situé à l'extérieur des régions urbaines est considéré rural. Selon cette définition, 78 % des Canadiens vivent dans des régions urbaines ou, sous un autre angle, 22 % des Canadiens vivent dans des villes ou des villages de moins de 1 000 habitants.

Un examen plus approfondi des données du recensement de 1996 révèle que 50 % des Canadiens vivent dans des régions urbaines de plus de 500 000 habitants et que 64 % vivent dans des régions urbaines de plus de 100 000 habitants. Bien que nous ne disposions d'aucune donnée à ce sujet, l'expérience passée en matière d'achat de services de réseau étendu nous porte à croire que la disponibilité de ces services diminue lorsque la population est inférieure à 100 000 personnes. Ainsi, environ les deux tiers des Canadiens auront probablement accès à au moins un service de réseau étendu terrestre en l'an 2000. L'autre tiers n'aura aucun accès ou qu'un accès très limité à ces services.

L'expérience des provinces, des territoires et du programme Rescol dans leurs efforts pour relier les écoles tend à montrer qu'il existe une catégorie particulière d'écoles, soit celles des régions ***éloignées*** où la connectivité est particulièrement difficile. Les personnes vivant dans ces régions ont de la difficulté à obtenir le service téléphonique de base et, à plus forte raison, des services de transmission de données perfectionnés.

S'appuyant au départ sur les définitions de Statistique Canada, le MARR définit quatre catégories géographiques distinctes. Toutefois, la définition de ces régions, bien que tenant compte du facteur géographique, repose avant tout sur la disponibilité des services de réseau étendu. C'est pourquoi il est possible qu'une école située dans une région en principe rurale selon sa population, soit classée urbaine selon le MARR. Inversement, il est possible qu'une école située dans une région en principe urbaine selon sa population, soit classée rurale en raison du manque de disponibilité de services de réseau étendu. Étant donné la forte connotation existant entre les expressions « urbain », « rural » et « éloigné » et la densité de population, et compte tenu du fait que le modèle d'architecture de réseau de Rescol repose fortement sur la disponibilité des services de réseau étendu, le modèle géographique MARR n'utilise pas ces expressions.

Les quatre catégories géographiques du MARR sont les suivantes :

- Catégorie 1. Services numériques haute vitesse (>512 Kbit/s) disponibles auprès d'au moins deux fournisseurs de services. Population type : au moins 100 000 personnes.

- Catégorie 2. Services numériques haute vitesse (>512 Kbit/s) disponibles auprès d'un seul fournisseur de services. Population type : au moins 50 000 personnes.

- Catégorie 3. Services de communication numériques restreints ou inexistants auprès de tout fournisseur de services, dans un rayon de 50 kilomètres d'une région urbaine. Population type : 50 000 personnes.

- Catégorie 4. Services de communication numériques restreints ou inexistants auprès de tout fournisseur de services, dans un rayon de plus 50 kilomètres d'une région urbaine. Population type : 5 000 personnes. Le Nord du Canada, où même la couverture des services par satellite est restreinte, représente un sous-ensemble particulier de cette catégorie.

Les exigences en largeur de bande des applications d'apprentissage qui seront utilisées représentent un autre point important à considérer en ce qui a trait à la connectivité externe. Si la plupart des options de connectivité interne utilisent des largeurs de bande à débit relativement élevé (le plus souvent, de 10 Mbit/s à 100 Mbit/s), les options de connectivité externe offrent, en revanche, un choix de largeurs de bande plus restreint. En règle générale, des frais supplémentaires sont exigés pour les options de largeur de bande à haut débit. C'est pourquoi le MARR tient compte de la largeur de bande dans l'évaluation des options de connectivité externe et ce, en regard des trois grandes catégories suivantes :

- **Web.** La connectivité Web a une largeur de bande suffisante pour prendre en charge des applications Internet de base, comme la navigation sur le Web, le téléchargement de fichiers et l'accès aux nouvelles Usenet, de même que des applications vidéo et audio en continu de base. Les applications pédagogiques comprennent la navigation sur le Web aux fins de recherche, l'accès à des sites du domaine de l'éducation, comme le site Web de Rescol et les sites connexes des provinces, et l'utilisation du courrier électronique et d'outils en temps réel de conférence par texte, comme la conversation par clavier (ICQ) aux fins de collaboration.

  Les applications Web exigent une largeur de bande (d'arrivée) de 33,6 Kbit/s à l'ordinateur de bureau, soit la largeur de bande disponible sur un ordinateur domestique type et celle pour laquelle un grand nombre de sites Web ont été conçus.

- **Multimédia de base.** Des applications Internet plus évoluées faisant une utilisation intensive de fonctions graphiques, audio et vidéo voient le jour. Les applications actuelles de ce type sont conçues pour fonctionner dans des environnements à large bande de base, utilisant diverses techniques pour restreindre les exigences en largeur de bande. Ces applications exigent une largeur de bande de 128 Kbit/s à l'ordinateur

de bureau. Un exemple d'application multimédias de base est le logiciel NetMeeting de Microsoft, qui permet d'accéder à une fonction d'audioconférence ou de conférence sur tableau blanc partagé. À la différence des applications Web, ces applications exigent souvent presque la même largeur de bande dans les deux directions.

Les exigences en largeur de bande des applications multimédias de base sont semblables à celles d'un site Web hébergé par une école. Si une grande importance est accordée à l'infrastructure nécessaire pour soutenir les élèves dans leur rôle de consommateurs d'information, il importe également de tenir compte de leur rôle de producteurs d'information. Aussi, les options techniques qui offrent une largeur de bande asymétrique doivent être examinées pour s'assurer que la largeur de bande de départ est suffisante pour répondre aux besoins de production d'information de l'école.

Multimédia bidirectionnel toutes fonctions. La capacité multimédia toutes fonctions permettrait aux écoles d'obtenir la connectivité bidirectionnelle pour des applications clés, comme les applications de téléapprentissage vidéo (vidéoconférence), et de prendre en charge les fonctions des applications multimédias de base : accès Internet, projets de collaboration et production de contenus par les écoles. Les applications de ce type exigent une largeur de bande variant entre 384 Kbit/s et 512 Kbit/s à l'ordinateur de bureau. Veuillez noter que les tableaux 2-1 et 2-2 reposent sur une largeur de bande maximale de 512 Kbit/s à l'ordinateur de bureau, niveau qui pourrait être inabordable ou impossible sur le plan technique dans certaines régions. Dans ces cas, il est possible qu'on ne puisse offrir la connectivité multimédia bidirectionnelle qu'à un seul poste de travail plutôt qu'à chaque ordinateur de bureau. En plus de la largeur de bande, la qualité du service (QdS) reliée au trafic multimédia en temps réel IP devra faire l'objet d'un examen attentif.

Il y a quelques années à peine, personne n'aurait même osé envisager la possibilité d'un accès Internet haute vitesse (mégabit ou gigabit) à prix abordable. En effet, il y a 10 ans à peine, il n'était même pas possible de se procurer un accès Internet par réseau commuté. Grâce aux progrès technologiques réalisés depuis, particulièrement dans la technologie de la fibre optique, la connectivité haute vitesse est maintenant envisageable à court terme pour les écoles des régions urbaines et peut-être des régions rurales. Certes, la connectivité haute vitesse pose un défi important, particulièrement dans les régions rurales et éloignées, mais pas insurmontable.

À court terme (d'ici au 31 mars 2001), l'objectif consiste à faire passer toutes les écoles à la connectivité externe en mesure de prendre en charge les applications multimédias de base. Toutefois, les coûts reliés à cet objectif doivent faire l'objet d'un examen plus approfondi. L'utilisation combinée de la largeur de bande d'arrivée des applications multimédias de base (transmission multimédia à haute vitesse) et de la technologie d'antémémorisation pourrait permettre d'atteindre cet objectif. La prise en charge d'applications multimédias bidirectionnelles (comme la vidéoconférence) est un objectif à plus long terme, particulièrement dans les régions rurales et éloignées.

Il importe de noter que l'âge des apprenants, bien qu'il ne soit pas tenu compte de ce facteur dans le MARR, a une incidence sur les exigences en largeur de bande. En règle générale, plus les élèves sont jeunes, plus ils sont aptes à utiliser les applications d'apprentissage multimédias. De leur côté, les élèves plus âgés sont mieux en mesure de tirer parti des ressources fondées sur un texte.

Il faut tenir compte non seulement du type d'applications d'apprentissage pouvant être pris en charge, mais également du nombre d'ordinateurs utilisant la connexion externe. L'objectif étant d'en arriver à la moyenne d'un ordinateur relié par classe (soit un ordinateur relié par 25 élèves), le nombre d'élèves représente donc un facteur important dont il faut tenir compte. Pour les écoles en mesure d'atteindre un ratio ordinateur-élèves supérieur à 1:25, il faudra même augmenter le nombre d'ordinateurs reliés et, par conséquent, les exigences en largeur de bande. Le présent rapport porte sur les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ce ratio cible de 1:25. Il convient de noter que les ordinateurs d'une école comprennent les ordinateurs installés dans les salles de classes et dans les laboratoires informatiques.

Le ratio 1:25 est l'objectif fixé par le programme Rescol d'Industrie Canada. Toutefois, des rajustements devront apportés de façon à tenir compte du fait qu'un nombre minimum d'ordinateurs est nécessaire pour qu'une école soit considérée vraiment « reliée ». Par conséquent, le MARR établit un minimum de 10 ordinateurs pour les écoles de taille plus petite (moins de 300 élèves).

Le MARR définit la taille de l'école, exprimée en nombre d'élèves, de la façon suivante :

- 1 à 100 élèves = 10 ordinateurs
- 101 à 300 élèves = 10 à 12 ordinateurs
- 301 à 500 élèves = 12 à 20 ordinateurs
- 501 à 1 000 élèves = 20 à 40 ordinateurs
- 1001 à 2000 élèves = 40 à 80 ordinateurs
- 2001 élèves et plus = 80 ordinateurs et plus

Il existe au Canada une grand nombre d'écoles de petite taille, parmi lesquelles plusieurs sont situées dans des régions où la connectivité à large bande est difficile à obtenir. Trouver des solutions innovatrices pour relier ces écoles représente un défi de taille pour Rescol d'Industrie Canada et ses partenaires.

Le plus souvent, il importe de le noter, tous les ordinateurs reliés n'utilisent pas en même temps la connexion externe. De plus, la transmission de l'information de la connexion externe à l'ordinateur de bureau n'est pas constante, mais a plutôt tendance à se faire « par rafales ». Ce phénomène est particulièrement vrai pour la navigation sur le Web où aucune information n'est transmise de la connexion externe à l'ordinateur de bureau pendant la lecture de la page demandée par l'utilisateur.

La transmission de données de la connexion externe à chaque ordinateur de bureau n'étant pas constante, il est dès lors possible d'utiliser le concept de ratio partagé. Ce

ratio indique le nombre d'ordinateurs qui peuvent partager la largeur de bande attribuée à un seul ordinateur de bureau. Le ratio partagé est fonction du type d'application, les applications Web ayant davantage tendance à utiliser la largeur de bande « par rafales » que les applications multimédias. Pour les applications Web, le ratio partagé prévu est 10:1 et pour les applications multimédias, 3:1. Le ratio moins élevé des applications multimédias tient à la nature de ces applications : l'écran que visualise un utilisateur étant habituellement en mouvement (avec du son, en règle générale), des données sont transmises de façon constante de la connexion externe à l'ordinateur de bureau. Il convient de noter que le ratio partagé 3:1 n'est qu'une évaluation approximative fondée sur l'hypothèse d'un flot élevé de données audio et vidéo en provenance de sites externes. Certaines technologies, comme la multidiffusion, peuvent permettre d'accroître efficacement ce ratio dans ces cas et amener ainsi une réduction de la largeur de bande externe requise.

Le ratio partagé se fonde sur des moyennes statistiques. Comme de nombreux fournisseurs de services Internet ont pu auprès de petites communautés, moins élevé est le nombre d'ordinateurs, plus grand est l'écart entre l'utilisation moyenne et maximale. Aussi, même si le MARR n'en tient pas compte de façon explicite, ce phénomène doit être pris en considération au moment d'examiner les exigences en largeur de bande des écoles de petite taille.

Le tableau 2-1 ci-dessous présente la largeur de bande requise en fonction du type d'application utilisé et de la taille de l'école.

	Largeur de bande requise (Kbit/s)		
Taille de l'école	Web (arrivée)	Multimédia de base	Multimédia bidirectionnel toutes fonctions
1 à 100 (10 ordinateurs)	30	430	1700
101 à 300 (12 ordinateurs)	40	510	2000
301 à 500 (20 ordinateurs)	70	850	3400
501 à 1 000 (40 ordinateurs)	130	1700	6800
1 001 à 2 000 (80 ordinateurs)	270	3400	13700
2 000 et plus (100 ordinateurs)	340	4300	17100

Tableau 2-1

La prise en compte du facteur géographique a permis d'en arriver à un modèle tridimensionnel dans lequel chaque point du tableau offre un ensemble différent d'options de connectivité. Il convient de noter que des écoles d'une même commission scolaire ou d'un même district peuvent faire partie de catégories différentes et que les options technologiques, en règle générale, peuvent être utilisées pour relier les écoles à Internet ou au réseau intranet d'une commission scolaire ayant une seule connexion Internet haute vitesse.

De plus, le tableau 2-1 ne tient pas compte du facteur « largeur de bande virtuelle » qui peut être créée au moyen de la technologie d'antémémorisation. L'utilisation d'un serveur d'antémémorisation local dans lequel serait stocké le contenu des sites Web les plus en demande peut contribuer à une réduction importante de la largeur de bande requise pour la connectivité externe de chaque école ou commission scolaire. L'utilisation de didacticiels exigeant une largeur de bande plus grande que celle disponible dans une région donnée peut être facilitée en téléchargeant leur contenu sur un serveur d'antémémorisation local pendant les heures creuses (par exemple, la nuit). Les écoles pourraient ensuite utiliser efficacement ces applications pendant la journée grâce à un réseau étendu ou un local Ethernet à 10 Mbit/s ou 100 Mbit/s. Pour une catégorie particulière d'applications, cette technologie représente certes une solution fort prometteuse au problème des limites de largeur de bande, mais d'autres études devront être effectuées pour examiner comment en faire la meilleure utilisation possible et mieux en comprendre l'impact sur les exigences en largeur de bande.

Pour les écoles ayant un ratio supérieur à 1:25, les exigences en largeur de bande doivent être haussées en conséquence. Par exemple, si le ratio est 1:3 comme il a été constaté dans certaines écoles, les exigences en largeur de bande du tableau 2-1 doivent être multipliées par le facteur 8 environ, tel qu'illustré dans le tableau 2-2 ci-dessous.

	Largeur de bande requise (Kbit/s)		
Taille de l'école	Web (arrivée)	Multimédia de base	Multimédia bidirectionnel toutes fonctions
1 à 100 (10 ordinateurs)	270	3400	13700
101 à 300 (12 ordinateurs)	320	4100	16400
301 à 500 (20 ordinateurs)	540	6800	27300
501 à 1 000 (40 ordinateurs)	1100	13700	54600
1 001 à 2 000 (80 ordinateurs)	2200	27300	109000
2 000 et plus (100 ordinateurs)	2700	34100	137000

Tableau 2-2

Les écoles rurales et éloignées semblent avoir des besoins plus grands en matière d'accès aux sites Web et aux applications de téléapprentissage. Résultat : les exigences en largeur de bande par élève sont plus élevées que celles des écoles urbaines.

2.2.2 Modèle de connectivité interne

Le choix de technologies RL a diminué au fil des ans, le réseau Ethernet s'étant imposé comme la technologie RL de premier plan. Configuré au début pour fonctionner à 10 Mbit/s, le réseau Ethernet a évolué sur le plan technologique. Aujourd'hui, il est en mesure de fonctionner à un débit de 100 Mbit/s et, depuis quelque temps, de

1 000 Mbit/s. La technologie Ethernet à 10 Mbit/s et à 100 Mbit/s est relativement évoluée et est offerte à des prix toujours plus bas par suite de son implantation au niveau de la puce. La technologie Ethernet à 1 000 Mbit/s est disponible dans le commerce et on prévoit une baisse des prix avec l'augmentation du volume des ventes.

La technologie RL étant, par définition, utilisée dans un même immeuble (ou dans plusieurs immeubles situés à proximité), le facteur géographique ne s'applique pas comme c'est le cas pour la technologie RÉ. Cependant, la taille de l'école et les applications d'apprentissage qui doivent être prises en charge ont toujours une incidence sur la connectivité Internet. Les restrictions relatives au câblage (par exemple, dans les immeubles classés « immeubles historiques ») doivent également être prises en considération.

Comme pour la connectivité externe, un modèle tridimensionnel pourrait être établi. Les trois axes de ce modèle seraient les suivants : taille de l'école, type d'application d'apprentissage et restrictions de câblage.

3 OPTIONS DE CONNECTIVITÉ EXTERNE

Dans le cadre du présent rapport, la connectivité interne a trait à la façon dont les ordinateurs d'une école sont reliés entre eux pour utiliser une seule connexion Internet. La connectivité externe, quant à elle, a trait à la façon dont le réseau de l'école qui en résulte est relié à Internet. Deux topologies de base peuvent être utilisées, soit :

- L'école est reliée directement à Internet.
- L'école est reliée à un autre réseau, soit à un réseau intranet de commission scolaire ou à un réseau de transmission de données du gouvernement provincial (comme cela se fait en Colombie-Britannique). Ces réseaux plus vastes utilisent une seule connexion Internet.

Dans les deux cas, qu'il s'agisse de relier l'école à Internet ou à un réseau intranet, ou de relier un réseau intranet à Internet, les options de connectivité sont remarquablement semblables. En effet, c'est la capacité d'***inter***connecter des réseaux (***net***works) de cette façon qui forme la base du nom « Internet ». Dans le cas où plusieurs écoles reliées à un réseau intranet utilisent une connexion Internet, la largeur de bande de la connexion externe doit au moins être égale à la somme de toutes les largeurs de bande requises pour chacune des écoles.

Une des normes de connectivité de base que les écoles doivent adopter est le protocole Internet (IP), qui sera utilisé comme protocole réseau de transmission des données. L'autre norme à adopter dans la mesure du possible, est Ethernet, qui sera utilisé comme norme de liaison physique et de données RL.

Le point de connexion des technologies de connectivité externe et interne est appelé « point de démarcation ». Dans la plupart des cas, ce point de démarcation est un port Ethernet installé sur une pièce d'équipement reliée au moyen d'un câble venant de l'extérieur et entré dans l'immeuble. Ces pièces d'équipement peuvent être, par exemple, un modem ADSL, un modem câblé ou un routeur. Dans les cas où la connectivité externe est assurée par une société indépendante (par exemple, un fournisseur de services Internet), cette pièce d'équipement fait souvent partie intégrante du service.

Les options de connectivité externe concernent surtout le « dernier kilomètre » entre l'école et le point de connexion Internet le plus près. Comme la largeur de bande des réseaux de base des télécommunicateurs est disponible en abondance dans de nombreuses régions du Canada, cet accès peut représenter une solution coûteuse pour les écoles.

Comme nous l'avons indiqué dans la section 2-1, le modèle d'architecture de réseau de Rescol (MARR) établi pour la connectivité externe tient compte de trois facteurs, soit :

- Emplacement géographique
- Taille de l'école
- Applications d'apprentissage qui seront prises en charge

La présente section traite des options de connectivité externe possibles pour chaque combinaison de ces trois facteurs. L'emplacement géographique est considéré comme le principal facteur de différenciation et la taille de l'école et les applications d'apprentissage, des facteurs secondaires. Il importe de noter que les technologies d'antémémorisation peuvent offrir un moyen très économique d'augmenter la largeur de bande réelle disponible pour l'accès Internet d'une école et qu'elles peuvent être combinées à diverses options technologiques de connectivité externe. Dans cette section, il n'est pas fait mention expressément des technologies d'antémémorisation étant donné qu'elles s'appliquent à toutes les options de connectivité. CANARIE finance actuellement plusieurs projets pilotes qui vont permettre de recueillir les données empiriques nécessaires pour mieux comprendre la conception et les impacts des technologies d'antémémorisation.

3.1 Catégories géographiques 1 et 2

Les écoles des catégories géographiques 1 et 2 ont un vaste choix d'options de connectivité externe, de la technologie câblée comme sans fil. Les écoles de la catégorie 2 ont un choix plus restreint, étant donné qu'il n'y a qu'un seul fournisseur de services. De plus, pour un service comparable, le prix est généralement plus élevé que celui demandé dans la catégorie géographique 1.

Dans le cas d'une connexion directe de l'école à Internet, l'option qui sera choisie doit fournir une « voie d'accès » à Internet. Ces voies d'accès comprennent :

- Accès Internet commuté. Cette technologie a été l'une des premières options de connectivité largement utilisée par les écoles et est toujours très répandue. Pour de nombreuses écoles, cette option consiste en un ordinateur et un modem. L'utilisation possible d'une « passerelle Internet » (pour plus d'information, reportez-vous à la section 3.3) permet de partager la même connexion commutée entre plusieurs ordinateurs reliés en réseau local. Les modems à 56 Kbit/s permettent d'offrir aux écoles de petite taille une connectivité de niveau acceptable pour l'accès au Web.

  Le débit réel offert par la technologie à 56 Kbit/s varie considérablement. D'abord, les restrictions imposées par la FCC aux États-Unis réduisent le débit théorique sans compression à 53 Kbit/s environ. Ensuite, le bruit de circuit peut contribuer à réduire encore davantage le débit réel. En revanche, pour certains types de fichiers, la compression peut permettre un débit supérieur à 56 Kbit/s. En règle générale, le débit sans compression varie entre 24 Kbit/s et 50 Kbit/s.

- Services xDSL, comme le service Sympatico, édition haute vitesse, de Bell. La technologie xDSL peut offrir un débit pouvant aller jusqu'à 6 Mbit/s, mais les services grand public préfèrent utiliser une technologie qui sacrifie la largeur de bande pour la facilité d'installation. Ces services offrent habituellement une largeur de bande asymétrique d'arrivée et de départ de l'école d'environ 1 Mbit/s et 300 Kbit/s respectivement.

- Services câblés, comme le service @Home de Roger. Tout comme les services xDSL, les services câblés offrent une largeur de bande asymétrique d'arrivée et de départ de l'école, soit jusqu'à 30 Mbit/s et 10 Mbit/s respectivement. Toutefois, les services câblés reposent sur une architecture très semblable à celle d'Ethernet, la largeur de bande disponible étant partagée entre un certain nombre d'abonnés. En règle générale, la largeur de bande réelle disponible est bien inférieure à 30 Mbit/s.

  Les services câblés sont relativement nouveaux et la charge exercée sur l'infrastructure réseau sous-jacente est relativement peu élevée. L'expérience passée indique que ces services offrent une largeur de bande équivalente à celle des services xDSL, soit environ 1 Mbit/s.

- RNIS (réseau numérique à intégration de services). Quoique plus ancienne que la technologie xDSL ou câblée, la technologie RNIS est une technologie numérique par réseau commuté fiable permettant de créer des liaisons point à point avec les fournisseurs de services Internet (pour les connexions spécialisées) ou entre deux immeubles. Le type de RNIS le plus souvent utilisé pour créer des liaisons point à point est le RNIS à débit de base, qui est en mesure de prendre en charge deux voies numériques de 64 Kbit/s. Ces voies numériques peuvent être fusionnées pour créer un accès numérique de 128 Kbit/s. Pour certains types de données, l'utilisation des technologies de compression peut permettre de multiplier par quatre la largeur de bande.

- Connexions Internet « spécialisées ». Ces connexions sont offertes par d'importants fournisseurs de services Internet, comme PSInet ou Uunet, à divers niveaux de largeur de bande, soit de 64 Kbit/s à 45 Mbit/s (T3).

- STML (système de télécommunications multipoint local). Offert par les entreprises de télécommunications, ce service sans fil à large bande a une capacité de l'ordre de 28 GHz et est capable d'acheminer des services de communication de base et évolués, comme des services de câblodistribution « sans fil », d'accès Internet et de vidéoconférence, de même que divers autres services multimédias. Une station centrale d'émission et de réception prend en charge les signaux en provenance ou à destination de la maison ou de l'entreprise dans un rayon de 4 à 5 kilomètres. Dans chaque ville, plusieurs stations de ce genre devront être installées pour couvrir l'ensemble de la région concernée. Pour pouvoir émettre et recevoir les signaux, les maisons et les entreprises doivent être dotées de l'équipement suivant : une antenne discrète de la taille d'un livre de poche et l'équipement électronique associé ayant la taille d'un convertisseur de canaux de télévision.

  En octobre 1996, Industrie Canada a accordé des licences pour le service STML aux trois entreprises suivantes : Cellular Vision Canada Ltd. (maintenant WIC Connexus), RegionalVision Inc. et MaxLink Communications. La demande de licences de RegionalVision portait sur la prestation de services à 127 communautés de plus petite taille du Canada. Le déploiement des services STML s'est déroulé lentement, bien que WIC Connexus effectue des essais pilotes depuis l'été 1997. Nous ne savons pas encore quel sera le taux de pénétration des services STML en l'an 2000.

Les services STML seront utilisés pour offrir des connexions haute vitesse de type « dernier kilomètre », en concurrence avec les services fondés sur la fibre optique offerts par les fournisseurs de services. Des services téléphoniques, de transmission de données et de câblodistribution seront offerts et la largeur de bande pourra, au besoin, être fractionnée pour prendre en charge ces différentes services. Il n'est pas facile de trouver de l'information sur la transmission de données à large bande, mais il semble que les connexions de transmission de données T1 et peut-être même T3 seront disponibles.

Ces options peuvent également être utilisées pour relier individuellement des écoles à un réseau intranet de commission scolaire ou pour relier un réseau intranet de commission scolaire à Internet. De plus, différentes technologies de réseau étendu « point à point » peuvent être utilisées pour relier une école individuelle à un point central (par exemple, le bureau de la commission scolaire) dans un réseau intranet de commission scolaire. Ces options supplémentaires comprennent :

- Technologie xDSL sur fils de cuivre. La technologie utilisée par les entreprises de télécommunications pour offrir les services ADSL et connexes peut également être utilisée pour établir des liaisons point à point. Pour les immeubles reliés au même central, il est possible de louer une paire de fils pour relier deux immeubles. Ce service « tout cuivre » est offert à un tarif très abordable (de 25 $ à 50 $ par mois). Si l'on installe de l'équipement xDSL à chaque extrémité de cette liaison point à point, il est possible de créer une liaison multimégabit entre deux immeubles.

  La largeur de bande offerte par la technologie xDSL sur fils de cuivre varie énormément selon plusieurs facteurs, le principal étant la distance entre les écoles. Malgré cette restriction, une largeur de bande symétrique de l'ordre de 2 Mbit/s est chose courante.

- Fibre optique de réserve. Dans de nombreuses villes, il existe une grande quantité de câbles à fibres optiques inutilisés ou « de réserve ». Ces câbles ont été installés par différentes entreprises, soit des entreprises de télécommunications, de câblodistribution ou même de services publics. Les progrès récents de l'équipement électronique utilisé pour transmettre des données au moyen de câbles optiques ont permis d'augmenter de façon importante la largeur de bande pouvant être prise en charge par un seul toron du faisceau de fibres optiques. Par suite de cette importante augmentation de capacité, les entreprises qui avaient installé ces câbles peuvent maintenant louer ou vendre des torons de fibres optiques inutilisés.

  Le principal avantage de la fibre optique de réserve tient au fait que les frais mensuels récurrents sont indépendants du débit de transmission des données, qui varie selon l'équipement électronique de transmission de données installé et de l'équipement utilisé par l'école ou la commission scolaire. Les prix de l'équipement électronique utilisé pour transmettre des données par câble optique ne cessant de diminuer, cette solution est maintenant abordable pour de nombreuses commissions scolaires.

- Technologie sans fil à large bande terrestre (spectre). Cette technologie, qui représente une solution de rechange aux technologies « câblées », est également appelée technologie du spectre, car elle utilise le spectre électromagnétique pour transmettre l'information. Cette technologie « sans fil » utilise différentes parties du spectre électromagnétique, y compris l'infrarouge. Étant donné que les performances de la technologie sans fil à large bande terrestre sont tributaires dans une certaine mesure de la fréquence utilisée, les caractéristiques de la transmission des données sont, bien sûr, également tributaires de la fréquence utilisée. Voici quelques exemples de cette technologie : les appareils industriels, scientifiques et médicaux sans licence (ISM), STML et STM (système de télécommunications multipoint). Cette technologie peut permettre d'obtenir une largeur de bande de l'ordre de 2 Mbit/s à 10 Mbit/s sur des distances pouvant aller jusqu'à 50 kilomètres.

  En règle générale, la technologie sans fil à large bande terrestre exige une « visibilité directe », sans obstruction entre les points. Tout élément faisant obstruction, comme des arbres ou des immeubles, doit être pris en considération pour la mise en œuvre de cette technologie. De même, la pluie et la neige peuvent avoir un impact sur le débit réel de certains spectres.

  La technologie STM (système de télécommunications multipoint) désigne, de façon générale, les systèmes radio utilisant une station radio maîtresse pour communiquer avec divers emplacements situés dans une région donnée. Selon la capacité de l'équipement utilisé et de la largeur de bande disponible, plusieurs utilisations de la technologie STM sont possibles. D'une capacité de l'ordre de 2.5 GHz, ces systèmes sont en mesure d'acheminer des services de communication de base et évolués, comme des services téléphoniques, d'accès Internet et vidéo, de même que diverses applications multimédias. Les renseignements sur la largeur de bande potentielle d'un système type ne sont pas disponibles. Toutefois, on estime qu'elle pourrait être de l'ordre de 1 Mbit/s à10 Mbit/s, selon la portée d'émission.

  La technologie ISM sur bandes de fréquences offre des capacités de l'ordre de 900 MHz, 2.4 GHz, et 5 GHz. Les débits de transmission des données varient, en règle générale, entre 2 Mbit/s et 5 Mbit/s sur des distances de plus de quelques centaines de mètres. Les distances varient également selon le type de technologie en place, mais peuvent atteindre jusqu'à 50 kilomètres avec la technologie à 5 GHz.

Le tableau 3-1 ci-dessous indique les options de connectivité permettant d'obtenir la largeur de bande requise, selon la taille de l'école et le type d'applications d'apprentissage qui sera utilisé. Les exigences en largeur de bande sont présentées, sous forme de résumé, dans le tableau 2-1. Pour relier un réseau intranet de commission scolaire à Internet, additionnez le nombre d'élèves (taille) des différentes écoles de la commission scolaire et utilisez le tableau 2-1 de la section 2 pour déterminer la largeur de bande requise correspondante.

Taille de l'école		Options de connectivité		
		Web	Multimédia de base	Multimédia bidirectionnel toutes fonctions
	1 à 100	Accès commuté RNIS Technologie xDSL Technologie câblée	Technologie xDSL Technologie câblée Connexion spécialisée – T1 Fibre optique de réserve STML	Technologie xDSL Technologie câblée Connexion spécialisée – T1 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre
	101 à 300	Accès commuté RNIS Technologie xDSL Technologie câblée	Technologie xDSL Technologie câblée Connexion spécialisée – T1 Fibre optique de réserve STML	Connexion spécialisée – 10 Mbit/s Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre
	301 à 500	Accès commuté RNIS Technologie xDSL Technologie câblée	Technologie xDSL Technologie câblée Connexion spécialisée – T1 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre	Connexion spécialisée – 10 Mbit/s Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre
	501 à 1 000	RNIS Technologie xDSL Technologie câblée Connexion spécialisée–T1 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre	Connexion spécialisée – T1 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre	Connexion spécialisée – 10 Mbit/s Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre
	1 001 à 2 000	Technologie xDSL Technologie câblée Connexion spécialisée-T1 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre	Connexion spécialisée – 10 Mbit/s Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre	Connexion spécialisée – T3 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre
	> 2 000	Technologie xDSL Technologie câblée Connexion spécialisée–T1 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre	Connexion spécialisée – 10 Mbit/s Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre	Connexion spécialisée – T3 Fibre optique de réserve Technologie sans fil à large bande terrestre

Tableau 3-1

Le tableau 3-1 montre clairement que le nombre d'options diminue rapidement à mesure que les exigences en largeur augmentent.

Si l'on tient compte du ratio ordinateur-élèves 1:3, la disponibilité de la technologie appropriée devient un élément crucial de l'équation. Par exemple, pour les applications Web, il faudrait au moins un accès T1 à débit fractionné et, pour les applications multimédias bidirectionnelles toutes fonctions, les options d'accès se limiteraient aux suivantes : accès 10 Mbit/s, connexion spécialisée T3 ou fibre optique de réserve.

3.2 Catégorie géographique 3

À la différence des écoles des catégories géographiques 1 et 2, les écoles de la catégorie 3 ont un choix de services plus restreint. En règle générale, la technologie câblée se limite à l'accès commuté. De plus, les écoles doivent souvent compter sur des ententes spéciales avec les entreprises de télécommunications (par exemple, le tarif spécial de MT & T pour le milieu de l'éducation) pour réduire ou éliminer les frais interurbains. Les autres solutions viables pour ces écoles comprennent :

- Technologie STML, si ces écoles font partie des 127 régions rurales à qui RegionalVision offre des services.

- Technologie de radiodiffusion des données par satellite. Tout comme les technologies xDSL et câblée, la technologie de radiodiffusion des données par satellite permet d'obtenir une largeur de bande asymétrique d'arrivée à l'école pouvant atteindre 400 Kbit/s (le débit réel varie selon le nombre d'écoles utilisant le service), et fournit au départ de l'école un accès commuté à basse vitesse. Le programme Rescol d'Industrie Canada est parvenu à élaborer un modèle pour les écoles des Premières nations et certaines écoles des provinces en se servant des services DirecPC de Télésat.

- Technologie sans fil à large bande terrestre. Cette technologie peut être utilisée pour relier les écoles et former un réseau intranet. Cette méthode est particulièrement intéressante dans le cas où une des écoles (ou le bureau de la commission scolaire) est située près d'une région urbaine.

Le tableau 3-2 ci-dessous indique les options de connectivité permettant d'obtenir la largeur de bande requise, selon la taille de l'école et le type d'applications d'apprentissage qui sera utilisé. Pour relier un réseau intranet de commission scolaire à Internet, additionnez le nombre d'élèves (taille) des différentes écoles de la commission scolaire et utilisez le tableau 2-1 de la section 2 pour déterminer la largeur de bande requise correspondante.

Certaines options sont potentiellement disponibles pour la connectivité multimédia. Toutefois, pour une raison ou une autre, la connectivité multimédia toutes fonctions dans les régions de la catégorie 3 ne sera vraisemblablement pas possible avant au moins 2002.

		Options de connectivité		
		Web	Multimédia de base	Multimédia bidirectionnel toutes fonctions
Taille de l'école	1 à 100	Accès commuté Radiodiffusion des données par satellite STML Technologie sans fil à large bande terrestre	STML Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite	STML Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite
	101 à 300	Accès commuté Radiodiffusion des données par satellite STML Technologie sans fil à large bande terrestre	STML Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite	STML Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite
	301 à 500	Accès commuté Radiodiffusion des données par satellite STML Technologie sans fil à large bande terrestre	STML Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite	Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite
	501 à 1 000	Radiodiffusion des données par satellite STML Technologie sans fil à large bande terrestre	STML Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite	Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite
	1 001 à 2 000	Radiodiffusion des données par satellite STML Technologie sans fil à large bande terrestre	Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite	Technologie sans fil à large bande terrestre Technologie par satellite

Tableau 3-2

3.3 Catégorie géographique 4

Pour toutes sortes de raisons, la seule option de connectivité externe pour les régions de la catégorie 4 (souvent appelées régions éloignées) consiste en des services de télécommunications par satellite. Pour les écoles des régions éloignées, le défi est le suivant : adopter des solutions sans fil dans des limites de prix abordables. Certes, la technologie sans fil à large bande terrestre peut jouer un rôle dans les communications point à point entre des communautés éloignées, mais la connectivité Internet se limite à la technologie de télécommunications par satellite. Les solutions réalisables avant la fin de 1999 comprennent :

- Technologie de radiodiffusion des données par satellite. À partir du modèle élaboré pour les écoles éloignées des Premières nations, une infrastructure de planification, de mise en œuvre et de soutien a été créée avec succès au moyen de DirecPC de Télésat. Cette infrastructure peut être utilisée pour accélérer le déploiement de solutions de

connectivité dans les écoles des régions éloignées. Les transmissions de retour peuvent se faire au moyen de la technologie câblée ou de la technologie MSAT (satellite de communications mobiles) là où l'utilisation de solutions téléphoniques terrestres n'est pas possible. Cependant, il convient de noter que certaines parties du Nord du Canada ne sont pas couvertes par le service de télécommunications par satellite DirecPC.

- Technologie VSAT (station terrienne à faible ouverture). Malgré des coûts plus élevés que ceux de la technologie de radiodiffusion des données par satellite, la technologie VSAT permet des communications bidirectionnelles en matière de connectivité Internet. La technologie VSAT ne devrait être utilisée que dans les cas où il n'y a pas d'autre option possible car, du point de vue coûts-avantages, elle est la plus coûteuse tout en étant celle qui procure le moins de largeur de bande.

□ Il convient de noter que Télésat lancera le satellite Anik F1 au cours de l'an 2000. Les services offerts au moyen de ce satellite comprendront la connectivité à des fins éducatives dans les régions éloignées. À l'heure actuelle, nous ne savons que très peu de choses sur les services qui seront offerts et sur les coûts associés.

Le tableau 3-3 ci-dessous indique les options de connectivité permettant d'obtenir la largeur de bande requise, selon la taille de l'école et le type d'applications d'apprentissage qui sera utilisé. La connectivité multimédia dans les établissements scolaires éloignés ne sera vraisemblablement pas possible avant 2002.

		Options de connectivité		
		Web	Multimédia de base	Multimédia bidirectionnel toutes fonctions
Taille de l'école	1 à 100	Radiodiffusion des données par satellite VSAT	Radiodiffusion des données par satellite VSAT	VSAT
	101 à 300	Radiodiffusion des données par satellite VSAT	Radiodiffusion des données par satellite VSAT	
	301 à 500	Radiodiffusion des données par satellite VSAT		

Tableau 3-3

3.4 Coûts

Pour un grand nombre d'écoles, le prix constitue l'élément le plus important de toute option de connectivité. Pour ces écoles, il importe peu de connaître la valeur ou les avantages potentiels d'une technologie si elles n'ont pas les moyens de l'utiliser.

Industrie Canada doit proposer un processus d'évaluation pour déterminer dans quelle mesure les coûts reliés aux différents niveaux d'options de connectivité externe sont abordables pour les écoles, et établir des directives sur le niveau de service minimum recommandé. Il peut y avoir un écart considérable entre le budget réservé par une province à la connectivité externe et la largeur de base requise pour les applications multimédias de base, tel qu'il est indiqué à la section 2.2.1.

À titre d'exemple, voici les écarts de prix qu'on peut constater actuellement en Colombie-Britannique. Au moment de créer le réseau provincial d'apprentissage, le ministère de l'Éducation de cette province a constaté des écarts considérables entre les prix de location de circuits à débit relativement peu élevé, soit 56 Kbit/s, comme le montrent les données ci-dessous :

Communautés avec RNIS:	138 $/mois
Communautés avec service de voie numérique	330 $/mois à 1 000 $/mois
Communautés avec service analogique seulement (avec service par satellite bidirectionnelle)	2 000 $/mois (plus 40 K$ pour l'installation)

La convergence des services téléphoniques, de transmission de données et de radiodiffusion représente une tendance remarquable dans l'évolution des télécommunications. Alors que ces services ont toujours été fournis sur des réseaux distincts et par des fournisseurs différents, l'utilisation de réseaux numériques pour acheminer simultanément ces trois services s'impose comme une tendance incontournable. Les écoles peuvent tirer parti de cette convergence et regrouper tous leurs services téléphoniques, de transmission de données et de radiodiffusion actuellement utilisés à des fins éducatives et administratives sur des connexions externes uniques. Ce regroupement procurera à de nombreuses commissions scolaires des avantages importants dont,: au premier chef, une réduction des coûts ou une amélioration marquée de la qualité des services sans augmentation des coûts. En effet, certaines commissions scolaires nord-américaines ont constaté que les économies de coûts réalisées dans les services administratifs étaient suffisantes pour contrebalancer les coûts reliés à l'acquisition de largeur de bande supplémentaire pour des fins éducatives.

4 OPTIONS DE CONNECTIVITÉ INTERNE

La connectivité externe est en pleine évolution et de nouvelles options sont offertes chaque année. Plus évoluée, la connectivité interne est engagée dans une période de stabilisation depuis maintenant quelques années. Ethernet s'est imposé comme la norme RL de premier plan et les efforts se sont tournés vers la diminution des coûts de l'équipement Ethernet (les cartes Ethernet pour PC sont maintenant offertes à moins de 30 $) et l'augmentation du débit (Ethernet à 100 Mbit/s dans un premier temps et maintenant à 1 000 Mbit/s). Ethernet est vraiment la norme réseau en matière de connectivité interne.

Le choix de la connectivité Internet devrait permettre aux écoles d'être à l'abri, du moins jusqu'à un certain point, des changements technologiques en matière de connectivité externe. L'utilisation généralisée du protocole Internet (IP) pour toutes les applications contribuera grandement à la réalisation de cet objectif. Une des principales caractéristiques du protocole TCP/IP est qu'il permet d'utiliser le protocole Internet (IP) sur à peu près toutes les infrastructures réseau physiques. Dès le départ, le protocole IP a été conçu de manière à être indépendant de la technologie réseau sous-jacente. C'est pourquoi tout changement à la technologie réseau sous-jacente n'a pas ou peu d'impact sur les applications utilisant le protocole TCP/IP. Toutes les applications d'apprentissage devraient utiliser le protocole IP de manière à être « immunisées » le plus possible contre les changements technologiques en matière de transmission des données.

Pour la plupart, les réseaux Ethernet reposent sur une configuration en étoile dans laquelle les ordinateurs sont reliés individuellement à des concentrateurs ou des commutateurs Ethernet. Souvent, ces concentrateurs et commutateurs sont reliés ensemble, utilisant parfois un débit Ethernet plus élevé que celui utilisé sur les liaisons aux ordinateurs individuels. Les méthodes pour relier par câble les ordinateurs au concentrateur ou au commutateur se divisent en deux grandes catégories :

- Utilisation de câbles réseau spécialement conçus pour le réseau local.
- Utilisation de la technologie sans fil ou « par voie filaire » (transmission des données au moyen de l'installation électrique) pour les applications portables ou dans les cas où il est impossible d'installer des câbles réseau spécialisées.

Il est aussi facile de relier un réseau Ethernet à un réseau externe que de relier le dispositif permettant d'établir la connectivité externe au concentrateur ou au commutateur Ethernet. Cependant, cette méthode n'est pas toujours suffisante (par exemple, la technologie câblée peut exiger une certaine forme de traduction d'adresses réseau) et ne protège pas de façon adéquate le réseau interne contre les accès non autorisés. C'est pourquoi nous proposons l'utilisation d'une « passerelle Internet ». Cette passerelle permet l'utilisation de divers services, notamment les suivants :

- Traduction d'adresses réseau
- Coupe-feu
- Filtrage
- Antémémorisation

La présente section traite des options de connectivité interne permettant d'appliquer les deux méthodes de câblage indiquées ci-dessus et du rôle de la passerelle Internet.

4.1 Câbles réseau spécialisés

La mise en place d'un réseau local fondé sur Ethernet au moyen de câbles est devenue relativement simple. Les composantes nécessaires sont offertes par diverses sources d'approvisionnement, y compris par la plupart des magasins informatiques. Bien que de nombreuses entreprises offrent des services d'installation de réseaux Ethernet à prix abordable, cette installation est à la portée technique de la plupart des personnes ayant des connaissances en informatique. Le plus difficile est de faire passer les câbles par les murs et les plafonds.

Dans la mesure du possible, les câbles qui seront installés doivent être en mesure de prendre en charge Ethernet à 100 Mbit/s pour les applications multimédias, même si l'utilisation prévue au début est pour Ethernet à 10 Mbit/s. La possibilité de passer à 100 Mbit/s dans l'avenir vaut bien la différence minime de coûts existant entre ces deux types de câbles. Nous recommandons également d'utiliser des « panneaux de raccordement » où aboutiront les connexions de chaque salle de classe. Ainsi, au besoin, il sera facile de reconfigurer le réseau.

Pour créer un réseau local, on peut utiliser un concentrateur ou un commutateur Ethernet. Le prix des commutateurs est plus élevé que celui des concentrateurs, mais ils offrent une meilleure performance globale pour les applications à large bande. Le prix d'un concentrateur étant moindre; il pourrait être économique d'en acheter un maintenant et de le remplacer ultérieurement par un commutateur, une fois que les prix auront chuté. Dans ce cas, il importe avant tout de prévoir le mieux possible quand l'école aura besoin de la performance supplémentaire d'un commutateur Ethernet.

Pour les applications Web, des connexions Ethernet à 10 Mbit/s à chaque ordinateur sont suffisantes. Si l'école utilise un « serveur de fichiers » (souvent appelé simplement « serveur »), une connexion à 100 Mbit/s au serveur de fichiers devra alors être envisagée. De même, si plusieurs concentrateurs ou commutateurs sont utilisés, la possibilité de les relier ensemble au moyen d'une connexion Ethernet à 100 Mbit/s devra être examinée.

4.2 Réseaux sans fil et par voie filaire

Dans certaines écoles (ou dans certaines parties d'une école), il peut être difficile, voire impossible, d'installer des câbles Ethernet. Dans ce cas, deux technologies peuvent être

utilisées à titre de solutions de rechange, soit les technologies sans fil et « par voie filaire ». Toutes deux peuvent être combinées à la technologie câblée pour former des réseaux hybrides.

Les technologies sans fil et par voie filaire ne cessent de progresser sous l'impulsion des réseaux domestiques. Pour la plupart des propriétaires, il n'est pas question de s'engager dans les travaux que nécessitent l'installation de câbles Ethernet. Aussi, d'autres technologies n'exigeant pas l'installation de composantes physiques sont nécessaires.

La technologie sans fil repose sur l'utilisation du spectre, habituellement des bandes de fréquence sans licence, pour la transmission de données sur de courtes distances (en règle générale, 45 mètres à l'intérieur). Des travaux importants sont en cours pour définir une norme pour les réseaux sans fil (comme la norme IEEE 802.11). Entre-temps, plusieurs entreprises, notamment Proxim, Diamond Multimedia et Lucenta, ont mis au point des produits exclusifs fonctionnant à 2.4 GHz environ et offrant une largeur de bande de 1 Mbit/s à 2 Mbit/s. Des produits à 10 Mbit/s commencent à voir le jour. Les prix de ces produits sont de 20 % à 50 % plus élevés que ceux de la technologie câblée (p. ex., une carte PCI Ethernet se vend entre 50 $ et 125 $ tandis qu'une carte PCI pour réseau sans fil de Diamond Multimedia se vend environ 150 $).

La technologie « par voie filaire » repose sur l'utilisation de l'installation électrique existante pour la transmission de données. Le courant électrique n'utilisant que 60 Hz de largeur de bande, la capacité de transmission de données par fil électrique demeure considérable. En effet, plusieurs fournisseurs de produits avec fonction de télécommande ont utilisé cette technologie. Nortel Networks a mené des expériences faisant appel à cette technologie pour des applications de réseau étendu. La technologie par voie filaire fait toujours l'objet d'essais et devrait être examinée comme accès Internet haute vitesse potentiel pour les écoles et dans les réseaux locaux internes.

Nortel Networks et United Utilities du Royaume-Uni ont mis sur pied une coentreprise, appelée Nor.Web, chargée d'évaluer la rentabilité commerciale de la technologie par voie filaire numérique (*Digital Power Line*). Cette technologie permet la transmission de données haute vitesse au moyen de lignes électriques dans les maisons et les entreprises. Dernièrement, les deux partenaires ont renoncé à l'idée d'offrir la technologie par voie filaire numérique comme service commercial au Royaume-Uni, car ils estiment que les possibilités de commercialisation des technologies xDSL et modem câblée sont limitées à l'heure actuelle. Leurs essais ont démontré que leur technologie est efficace et devrait donc être examinée comme option potentielle d'accès Internet haute vitesse pour les écoles et les réseaux locaux internes.

4.3 Passerelle Internet

L'utilisation de fonctions particulières, comme des coupe-feu pour isoler les réseaux internes du réseau l'Internet, est devenue une pratique courante. Ce coupe-feu peut être combiné à d'autres fonctions pour créer un dispositif offrant, entre autres, les avantages suivants:

- Protection contre les accès non autorisés au réseau interne à partir d'Internet.
- Performance améliorée grâce à la réduction du trafic Internet.
- Accès contrôlé aux ressources Internet (par exemple, protection contre l'accès à du matériel qui ne convient pas aux élèves).

Pour les besoins du présent rapport, ce dispositif est appelé « passerelle Internet ». En règle générale, une passerelle Internet est dotée de deux ports Ethernet, un relié au dispositif de connectivité externe et l'autre, au réseau interne de l'école. Tout le trafic en provenance ou à destination d'Internet doit passer par la passerelle Internet. Cette passerelle devra être en mesure d'accepter tous les protocoles.

Le premier rôle de la passerelle Internet est d'isoler le réseau interne du réseau Internet, avec un contrôle strict des accès en provenance ou à destination d'Internet. Chaque école peut décider du niveau d'accès qu'elle souhaite accorder aux personnes de l'extérieur qui veulent utiliser les ressources de l'école et aux élèves qui veulent utiliser les ressources Internet.

La fonction de filtrage, qui est étroitement reliée à celle de coupe-feu, fournit aux écoles un autre moyen de contrôler l'accès aux ressources Internet en leur permettant de définir les règles relatives au type de contenu permis. La passerelle Internet rejette tous les autres types de contenu. En règle générale, ces règles sont établies de manière à refléter la politique de l'école et de la commission scolaire.

La passerelle Internet peut également contribuer à une amélioration des performances grâce à l'utilisation de techniques comme l'antémémorisation et la multidiffusion. Ces deux techniques s'inscrivent dans le cadre de projets présentés par CANARIE. Le concept d'antémémorisation repose sur l'observation que de nombreuses personnes, y compris les élèves, accéderont aux mêmes ressources Internet (comme les sites Web à caractère pédagogique de Rescol, des provinces et des milieux locaux). Si le contenu de ces ressources est stocké en antémémoire au niveau local une fois que la première personne y a accédé, la personne suivante constatera une amélioration importante des performances. De plus, la largeur de bande épargnée au moment du second accès aux ressources sera disponible pour les autres personnes, améliorant ainsi la performance perçue. Si elle est conçue correctement, la fonction d'antémémorisation peut augmenter la largeur de bande perçue d'une connexion Internet.

CANARIE examine actuellement des mécanismes d'antémémorisation hiérarchiques et intelligents. Ces mécanismes permettent d'examiner le contenu de plusieurs antémémoires et de charger les données des antémémoires « en amont » dans les antémémoires « en aval ». Télésat a présenté une proposition de projet pilote à CANARIE où un satellite est utilisé pour charger des sites Web populaires et des logiciels d'apprentissage multimédias dans des antémémoires. Ce projet est un exemple illustrant comment il est possible de charger des données dans une antémémoire intelligente.

La multidiffusion est une technique utilisée avec les applications à diffusion générale, comme la télé-éducation. Si deux personnes ou plus visualisent un programme Internet pour diffusion générale, la charge sur la connexion Internet augmente de façon linéaire, avec un flux de données par personne. La multidiffusion comporte un mécanisme qui permet de partager un flux de données entre plusieurs utilisateurs sur le réseau local. La multidiffusion peut permettre d'utiliser certains types d'applications à diffusion générale sans investissements importants dans la largeur de bande.

Toutes les fonctions proposées pour la passerelle Internet sont disponibles sous forme de dispositifs différents. Leur regroupement pour en faire un seul dispositif à coût abordable pour les écoles est un projet possible pour Rescol d'Industrie Canada.

5 RECOMMANDATIONS

Certes, il est très tentant de rechercher une solution unique, mais il n'existe pas de « solution miracle » pouvant corriger tous les problèmes de connectivité des écoles. Ces problèmes sont complexes et exigent des solutions évoluées, mais faciles à mettre en œuvre. La situation est rendue plus simple et plus compliquée à la fois par l'évolution rapide de la technologie de réseautage.

Grâce au programme Rescol d'Industrie Canada et aux provinces, le Canada est le premier pays à avoir réussi à relier toutes ses écoles à Internet. Rescol a un rôle crucial à jouer dans l'établissement d'un programme audacieux qui va permettre de passer à l'étape suivante de la connectivité des salles de classes. D'abord et avant tout, Rescol peut, avec ce programme, assurer le leadership nécessaire pour coordonner et soutenir les efforts des provinces, et favoriser l'établissement de programmes de subvention pour les régions rurales et éloignées. Tout aussi important, le programme Rescol d'Industrie Canada, en partenariat avec le secteur privé, peut offrir des solutions à des problèmes techniques particuliers et permettre des arrangements pour obtenir des rabais sur l'équipement et les services à acheter.

Au moment d'élaborer ses recommandations, le groupe de travail sur la connectivité s'est trouvé aux prises avec une question récurrente : trouver des moyens pour réduire les **COÛTS** d'accès au réseau. Bien que prévue d'abord comme une recommandation, cette question est vraiment un objectif clé en regard duquel la réussite de toutes les autres recommandations peut être mesurée. Pour en faciliter la compréhension et permettre l'établissement d'un ordre de priorité, les autres recommandations peuvent être classées comme suit :

- **Directives relatives au niveau de service.** Les recommandations faisant partie de cette catégorie portent sur l'établissement de directives relatives au niveau de service nécessaire pour soutenir les objectifs de la phase II (31 mars 2001) du programme Rescol. Certes, la question des coûts abordables représentera un problème pour de nombreuses commissions scolaires. Mais, avec ces directives, il sera possible de mesurer « l'écart d'abordabilité » existant et de fixer un objectif mesurable au moment d'élaborer des programmes visant à combler cet écart.

- **Participation à d'autres initiatives gouvernementales.** L'initiative « Un Canada branché », dirigée par Industrie Canada, a donné naissance à plusieurs programmes, dont le programme Rescol. Dans certains cas, la réalisation des objectifs du programme Rescol pourra être menée à terme en collaborant de façon étroite avec d'autres directions générales ou organisations d'Industrie Canada, comme la Direction générale de la politique du spectre et le Centre de recherche en communication (CRC), de même qu'en participant à d'autres programmes, comme le projet CANARIE. Cette coopération permettra d'aboutir à un programme gouvernemental global et efficace de connectivité des écoles.

- **Partenariats avec les secteur privé.** Le secteur privé investit des sommes considérables dans l'infrastructure et les applications Internet. Tout comme Industrie Canada peut tirer parti des investissements effectués par d'autres ministères en collaborant avec eux, il peut également tirer parti des investissements du secteur privé pour mettre au point les solutions technologiques les plus efficaces possibles pour les écoles.

- **Projets pilotes.** Les options technologiques identifiées par le groupe de travail sont des options « éprouvées ». Toutefois, certaines n'ont pas été utilisées largement dans un milieu scolaire. Aussi, des projets pilotes doivent être menés pour mieux connaître les caractéristiques des technologies et les moyens à mettre en œuvre pour en assurer le déploiement le plus efficace possible dans un milieu scolaire.

- **Recommandations à d'autres groupes de travail.** Plusieurs recommandations s'inscrivent dans le mandat d'autres groupes de travail et peuvent être traitées en apportant des modifications mineures aux recommandations faites par ces groupes de travail.

Une suite a déjà été donnée à un certain nombre de recommandations faisant partie de ces cinq catégories. Ces recommandations sont indiquées au moyen du signe ***[*]*** pour les différencier de celles qui n'ont encore fait l'objet d'aucun suivi.

5.1 Directives relatives au niveau de service

1.1 Travailler en collaboration avec les organismes provinciaux et régionaux appropriés pour établir les directives relatives au niveau de service minimum nécessaire pour soutenir les objectifs de la phase II du programme Rescol. Ces directives doivent couvrir au moins les points suivants :

- Ratio ordinateur relié-élèves.
- Largeur de bande pour la connectivité externe (débits de transmission des données).
- Infrastructure du réseau local (RL).

Ces directives visent à aider ces organismes à cerner l'écart existant entre ce qui est actuellement en place et ce qui est nécessaire pour parvenir à la connectivité des salles de classe. Ces directives leur seront utiles également dans le choix des technologies nécessaires à la réalisation des objectifs de la phase II du programme Rescol. Une fois établies, ces directives devront être rendues publiques.

Pour mieux cerner les besoins en connectivité d'une école, un « profil de largeur de bande » doit être tracé pour les élèves et enseignants de différents niveaux portant sur les fonctions suivantes : accès Internet, courrier électronique et d'autres services multimédias. Ce profil doit reposer sur les besoins des élèves en matière d'apprentissage et de communication au fil de leur évolution dans le système

scolaire. Il doit également contenir les données suivantes : débits de transmission de données, disponibilité et frais administratifs minimaux. Ce profil servira de base au regroupement des exigences en largeur de bande de la classe, de l'école et de la commission scolaire locale.

Une fois que les directives relatives au niveau de service auront été établies, une étude devra être effectuée pour établir la disponibilité et les coûts des technologies nécessaires pour offrir ces services dans les régions urbaines, rurales éloignées.

1.2 ***[*]*** Des activités de planification technique et fonctionnelle ont été entreprises pour le développement d'un registre de cas Rescol. Ce registre est un outil interactif en ligne décrivant les options de connectivité convenant aux écoles, selon leurs caractéristiques. Les renseignements contenus dans le registre seront complets, intégrant une base de données sur les options de connectivité, des livres blancs, des pratiques modèles et des études de cas. Dans le cadre de ce projet, Rescol continuera de favoriser la discussion entre les dirigeants des réseaux provinciaux au moyen de réunions, d'ateliers et de téléconférences, invitant à l'occasion des conférenciers à présenter des exposés sur les questions à l'étude.

1.3 À la suite de l'instance du CRTC sur les zones de desserte à coût élevé, assurer le leadership et examiner la possibilité d'établir un mécanisme fédéral-provincial-territorial pour s'assurer que les options précisées dans les directives relatives aux technologies sont disponibles et abordables pour les écoles des régions rurales et éloignées. Au cours de cet examen, mettre au point un processus pour recueillir les commentaires du milieu de l'éducation aux recommandation du CRTC.

1.4 Soutenir l'utilisation continue du protocole de communication TCP/IP et de **TOUTES** les applications d'apprentissage utilisant le protocole IP pour l'échange des données. Cette approche réduit la dépendance à l'égard d'une technologie particulière de transmission des données, permettant ainsi aux écoles de tirer parti des technologies de transmission des données nouvelles ou moins coûteuses à mesure qu'elles deviennent disponibles. Le soutien de protocoles existants, comme ceux utilisés pour les vidéoconférences, doit être fourni à court terme (3 ans).

1.5 Promouvoir la norme Ethernet comme norme de transmission des données pour la connectivité interne.

1.6 ***[*]*** Au cours de l'élaboration de ses recommandations, le groupe de travail sur la connectivité a constaté la nécessité d'obtenir plus d'information sur la technologie sans fil à large bande terrestre et sur la façon de l'utiliser pour relier les écoles. Dernièrement, un rapport sur les technologies sans fil à large bande terrestres, qui avait été demandé par Rescol, a été rendu public. Ce rapport constitue une excellente introduction à cette technologie et contient des informations de base sur les coûts qui y sont associés. Il peut être complété par une étude visant à déterminer un point d'intersection qui décrirait quantitativement les critères d'utilisation par excellence d'une bande particulière du spectre ou d'une technologie de

communication par satellite. De plus, les questions suivantes doivent faire l'objet d'un examen plus approfondi :

- Le rôle des systèmes d'accès sans fil à large bande en éducation.
- Les produits existants et ceux qui sont en cours de développement.
- Les prix fixés pour les écoles (coûts en capital et permanents).
- Les questions relatives à la sécurité.
- Les questions relatives à la gestion.
- Les questions relatives aux licences d'utilisation.
- Le rôle des gouvernements fédéral et provinciaux pour accélérer le déploiement et assurer la coordination des besoins du milieu de l'éducation dans les forums internationaux comme l'UIT-R et la CITEL.

1.7 Inciter les écoles à établir, s'il y a lieu, des liaisons dans chaque classe de même que dans les principaux laboratoires et dans les bibliothèques.

1.8 Créer un cadre pour atteindre l'objectif à long terme consistant à offrir l'accès symétrique à haute vitesse aux écoles canadiennes. Ainsi, les écoles devenant des fournisseurs de contenus multimédias, le milieu de l'éducation sera en mesure de contrôler de façon durable la pertinence du contenu éducatif.

5.2 Participation aux autres initiatives gouvernementales

1.9 */*/*Établir un protocole d'entente entre Rescol et CANARIE. Le but sera d'harmoniser les objectifs et le financement de Rescol et de CANARIE pour qu'Industrie Canada puisse en tirer le meilleur parti possible. Une collaboration étroite est nécessaire dans les projets pilotes d'antémémorisation par satellite de CANARIE de même que dans les projets pilotes généraux d'antémémorisation. Ces projets peuvent contribuer de façon importante à l'atteinte des objectifs de connectivité de Rescol au cours de la prochaine phase. Le protocole d'entente devrait permettre aux responsables des niveaux de la maternelle à la douzième année d'utiliser CA*net 2 et 3 pour l'échange de didacticiels multimédias et d'autres applications pédagogiques à large bande entre les écoles. Ces réseaux IP évolués à haute vitesse peuvent être établis en reliant les réseaux de commission scolaire, les serveurs des partenaires provinciaux et régionaux de Rescol et le serveur de Rescol à CA*net 2 et 3. GigaPops.

1.10 Appuyer l'inclusion de dispositions sur « l'accès public » dans les licences accordées pour les technologies terrestres sans fil permettant un accès à large bande. Les entreprises qui obtiendraient une licence d'utilisation du spectre devraient être tenues d'offrir un prix préférentiel pour les services offerts à des fins pédagogiques.

Voici un bon exemple de traitement préférentiel : l'inclusion par Industrie Canada d'un objectif d'apprentissage dans l'annonce récente d'un processus comparatif d'attribution de licences pour les systèmes de télécommunications multipoint à 2500 MHz. Les postulants devaient préparer et présenter un « programme

d'apprentissage » décrivant en détail les services, le contenu ou l'infrastructure qu'ils prévoyaient inclure dans leurs services commerciaux pour favoriser ou améliorer la compréhension de même que l'acquisition de compétences et de connaissances.

1.11 Appuyer l'accès au spectre de fréquences pour la mise en œuvre de systèmes sans fil à large bande. Par rapport aux canaux de fréquences individuels, l'utilisation de blocs de fréquences importants du spectre permet plus facilement aux fournisseurs de services d'offrir une capacité à large bande à de nombreux utilisateurs. Cette approche offrira plus de possibilités de fournir, de façon économique, la capacité à large bande aux écoles .

1.12 Soutenir l'initiative à plus long terme CANARIE/CRC visant à mettre au point une solution économique et l'architecture nécessaire pour offrir l'accès Ethernet à 1 000 Mbit/s aux écoles.

1.13 Examiner la possibilité d'élaborer un modèle pour aider les écoles à mieux comprendre les avantages de regrouper leur trafic voix-données éducatif et administratif. Comme un certain nombre d'écoles d'Amérique du Nord l'ont déjà constaté, les économies réalisées au chapitre des télécommunications administratives peuvent servir à payer les coûts nécessaires pour augmenter la largeur de bande à des fins éducatives. Un rapport préparé par D.A. Ford and Associates et intitulé *Initiatives to Facilitate and Optimize Access to the Internet,* servira de point de départ de cette étude. Une autre source d'information qui sera utilisée est le Réseau éducatif de l'Ontario qui a installé dernièrement la technologie VOIP (Voice Over IP) de Cisco pour son bureau central et un bureau éloigné.

5.3 Partenariats avec le secteur privé

1.14 */*/*La technologie de télécommunications par satellite joue un rôle important dans l'établissement d'une solution de réseautage pour les régions où les solutions de réseau étendu câblé terrestre ou sans fil ne sont pas disponibles. Chef de file mondial de la technologie de télécommunications par satellite depuis 1962, année du lancement du satellite Alouette, et premier pays à avoir lancé un satellite géostationnaire commercial national de communication, le Canada a exploité avec succès cette technologie pour servir une population dispersée sur un immense territoire. De nouveau, le Canada peut jouer un rôle de premier plan, cette fois en utilisant la technologie de télécommunications par satellite pour servir les petites agglomérations. Témoignant de l'importance de cette technologie, plusieurs projets ont déjà été entrepris, notamment les suivants :

1.14.1 En collaboration avec Télésat et Bell ExpressVu, transférer les services DirecPC au nouveau satellite Nimiq. Une fois ce transfert effectué, les travaux porteront sur l'examen de nouvelles options de services et des

moyens à mettre en œuvre pour augmenter la largeur de bande réelle disponible pour les écoles qui utiliseront ces services.

1.14.2 En collaboration avec Télésat, examiner la possibilité de mettre au point un service d'antémémorisation par satellite (radiodiffusion par satellite aux serveurs d'antémémorisation des écoles et des commissions scolaires) pour augmenter, de façon économique, la largeur de bande réelle disponible pour l'accès Internet et ce, pour toutes les écoles canadiennes (régions urbaines, rurales et éloignées).

1.14.3 Examiner et aider à définir les services qui seront offerts par Télésat au moyen du satellite Anik F2 qui sera lancé en 2002. Les points qui doivent être examinés sont les suivants : besoins futurs des écoles en applications multimédias, capacité de largeur de bande du satellite, plans de service, prix et besoins des écoles en terminaux satellites.

Le groupe de travail sur la connectivité recommande d'envisager la possibilité de mener d'autres projets sur la technologie de télécommunications par satellite, soit :

1.14.4 En collaboration avec le CRC, définir les avantages potentiels du service à la demande à large bande VSAT au moyen d'essais de cette technologie effectués par le CRC dans les régions rurales et éloignées.

1.14.5 Mener une enquête auprès des provinces pour déterminer quelles sont les initiatives en cours en matière de télécommunications par satellite et consigner ces renseignements par écrit.

1.14.6 Faire une recherche sur les services de radiodiffusion des données offerts par d'autres fournisseurs, par exemple CANCOM.

1.15 Promouvoir la connectivité Internet par xDSL et par câble comme solutions terrestres économiques dans les écoles des régions urbaines et rurales où ces technologies sont disponibles. Ceci comprendra l'examen des mécanismes de collaboration qui pourraient être mis en place avec les compagnies de téléphone et les entreprises de câblodistribution du Canada pour étendre l'accès par xDSL et par câble aux écoles des diverses régions et provinces. De nouveaux projets pilotes doivent être menés dans les provinces où ces services sont disponibles, mais où les écoles n'exploitent pas encore pleinement les possibilités offertes pas la technologie (par exemple, VOIP et vidéo en continu). Rescol doit également examiner les mécanismes qui pourraient être mis en place pour travailler en collaboration avec Nortel Networks et avec les compagnies de téléphone canadiennes afin que leurs futurs essais des produits One-Meg Modem et Two-Meg Modem englobent les écoles partout au pays. Rescol doit identifier les modèles technologiques qui procurent de bons résultats et les intégrer dans le registre de cas.

1.16 Promouvoir la mise à niveau des installations de télécommunications actuelles pour permettre la connexion de services numériques bidirectionnels à grande vitesse. Ceci devrait comprendre la mise en place de mécanismes pour interconnecter des systèmes de câblodistribution bidirectionnels dans les régions rurales et mal servies, de même que la mise à niveau ou l'installation de commutateurs de télécommunications de pointe en mesure de prendre en charge les technologies à large bande actuelles et futures. Cette recommandation peut contribuer à l'avènement d'un environnement concurrentiel dans les régions rurales et mal servies du pays, stimulant l'offre de nouveaux services et favorisant la réduction des coûts de la largeur de bande.

1.17 En collaboration avec une entreprise détenant de la fibre optique de réserve, mettre en œuvre un réseau de données à grande vitesse comprenant la liaison d'un certain nombre d'écoles. Idéalement, l'essai devrait démontrer la faisabilité technique de cette approche et servir de modèle sur la façon de traiter les questions relatives à la gestion et aux politiques.

1.18 Jouer un rôle de chef de file dans l'examen des technologies qui seront intégrées dans une passerelle Internet utilisée par les écoles. Pour le secteur privé, l'intérêt de s'engager dans une certaine forme de partenariat réside dans le fait que ces technologies peuvent être facilement adaptées pour répondre aux besoins des petites et moyennes entreprises. Reposant sur les besoins des écoles et des entreprises, la technologie qui en résultera aura ainsi l'occasion de se faire connaître du marché qui, autrement n'en ferait peut-être pas la demande. De plus, les écoles ne seront pas en mesure d'en assurer elles-mêmes le développement.

1.19 En partenariat avec le secteur privé, examiner et appliquer des solutions technologiques qui contribuent à augmenter la disponibilité des niveaux de services de connectivité minimum dans les écoles des régions rurales et éloignées, tout en permettant de les offrir à coûts plus abordables.

5.4 Projets pilotes

1.20 ***[*]*** Des projets pilotes utilisant la technologie sans fil à large bande terrestre sont actuellement en cours. Ces projets portent sur l'utilisation d'options de connectivité point à point pour relier les écoles aux réseaux intranet des commissions scolaires. Ces projets pilotes comprennent plusieurs technologies différentes, y compris STML. Les résultats de ces projets pilotes doivent être recueillis et consignés dans le registre de cas en vue de leur diffusion générale.

1.21 ***[*]*** Des pourparlers préliminaires ont eu lieu pour établir un projet visant à déterminer l'impact potentiel de la technologie par voie filaire numérique sur la connectivité.

1.22 ***[*]***Soutenir l'expansion des projets pilotes utilisant la technologie de réseau local sans fil dans diverses écoles canadiennes, en s'inspirant d'un projet pilote du Centre

de recherche et d'innovation d'Ottawa (OCRI) actuellement cours dans certaines écoles de la région d'Ottawa. L'utilisation de ces produits en milieu scolaire devrait faire l'objet d'un examen particulier. Ceci permettra de cerner les questions dont il faut tenir compte pour leur utilisation et, pour les écoles, d'économiser temps et argent au moment de leur installation. Les résultats de ces essais peuvent être partagés avec d'autres écoles au moyen du registre de cas de Rescol

1.23 Mettre sur pied des projets pilotes pour tester la passerelle Internet. La passerelle Internet est une solution relativement peu coûteuse et centralisée qui permet aux écoles de tirer parti de fonctions d'antémémorisation, de sécurité et de transmission intelligente dans un cadre autonome gérable. Les efforts déployés par CANARIE pour mettre sur pied des projets d'antémémorisation par satellite peuvent aller de pair avec le concept de la passerelle Internet. Rescol devrait définir les composantes de ce dispositif de connectivité (matériel, logiciels, etc.) et appliquer cette solution dans diverses écoles en s'appuyant sur les critères du présent rapport.

1.24 Effectuer une analyse sur l'utilisation de la fibre optique de réserve à des fins pédagogiques auprès d'une ou de plusieurs commissions scolaires du Québec qui ont installé des réseaux de fibre privés à titre d'études de cas. Cette analyse devrait traiter des problèmes d'ordre technique, financier, réglementaire et administratif qui ont été constatés, de même que des questions suivantes :

- Disponibilité de la fibre optique actuellement installée partout au pays
- Disponibilité de la fibre optique installée pour les utilisateurs du milieu de l'éducation
- Possibilité de voir les municipalités faire de l'accès à la fibre optique par les écoles une condition à l'octroi d'un droit de passage, une fois la fibre installée

5.5 Recommandations aux autres groupes de travail

1.25 */*/* Travailler avec le groupe de travail sur la recherche et l'évaluation en vue d'inclure les mesures d'évaluation de la connectivité dans la recommandation faite par ce groupe d'établir un processus pour évaluer le degré actuel d'utilisation des technologies d'information et de communication (TIC) dans les écoles. Les données recueillies permettront de connaître quelles sont les technologies (et les coûts associées) utilisées par les écoles, selon leur taille.

1.26 */*/* Travailler avec le groupe de travail sur la recherche et l'évaluation en vue d'inclure les mesures de d'évaluation de la connectivité dans la recommandation faite par ce groupe d'établir un processus pour suivre les progrès de l'utilisation des technologies d'information et de communication (TIC) dans les écoles. Ces données utiles permettront de cerner les tendances dans l'évolution technologique de la connectivité de même que les points forts et les points faibles des technologies

concernées. Ainsi, Industrie Canada et ses partenaires seront mieux en mesure de planifier pour répondre aux besoins futurs en matière d'accès et de communication du secteur de l'éducation.

NOTA : Les recommandations 1.25 et 1.26 ont été mises en œuvre. Rescol et ses partenaires travaillent en collaboration avec Statistique Canada à la mise au point d'un programme de sondages et d'études répartis sur plusieurs années pour surveiller les progrès de la pénétration et de l'utilisation des TIC dans les écoles, et en évaluer les impacts sur le plan pédagogique. Le premier volet du programme comprend la mise en œuvre, à l'automne 1999, du premier sondage pilote en ligne à l'échelle nationale pour recueillir les données de base sur les niveaux de connectivité Internet dans les écoles et les salles de classe. Le sondage sera repris au cours des deux ou trois prochaines années pour surveiller les progrès de la pénétration, de la qualité et de l'efficacité des TIC dans les salles de classe. Les autres volets du programme, qui seront menés par étapes au cours des deux ou trois prochaines années, reposeront sur les données des sondages effectués par Statistique Canada auprès du milieu de l'éducation et porteront sur l'utilisation des TIC dans le processus d'apprentissage.